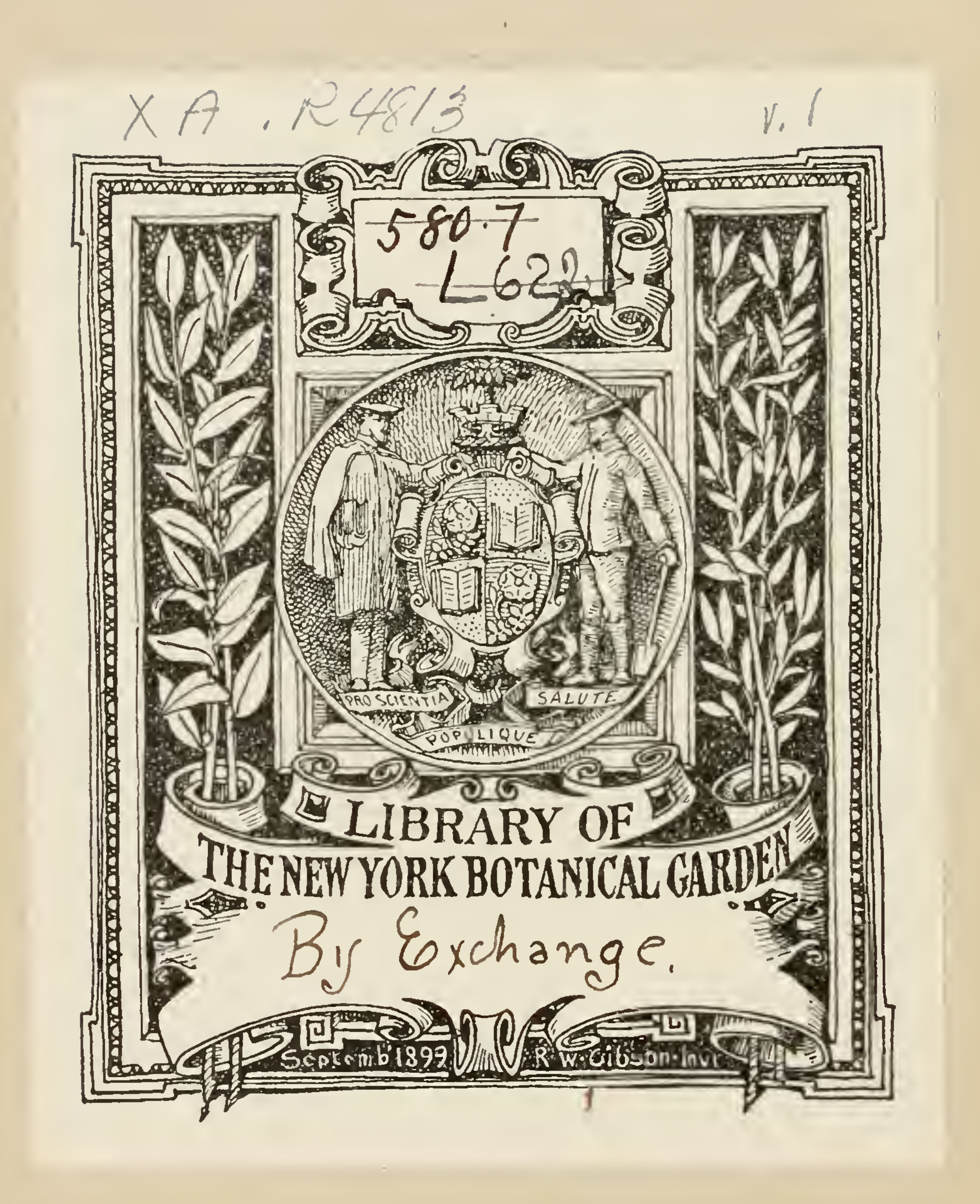

XA .R4813
v. 1
580.7
L622
PRO SCIENTIA
SALUTE
POPULIQUE
LIBRARY OF
THE NEW YORK BOTANICAL GARDEN
By Exchange.
Septemb 1899
R. W. Gibson. Inv.

ARCHIVES

DE

L'INSTITUT BOTANIQUE

DE

L'UNIVERSITÉ DE LIÉGE

Le mémoire de M. Lenfant est extrait
des *Mémoires de la Société royale des sciences de Liége*, tome XIX (1896);
ceux de MM. Mansion et Sterckx, du tome XX (1897)
de la même publication.

ARCHIVES

DE

L'INSTITUT BOTANIQUE



DE

L'UNIVERSITÉ DE LIÉGE

Vol. I

Contribution à l'anatomie des Renonculacées :

Le genre *Delphinium*, par C. Lenfant.

Le *Thalictrum flavum* L., par A. Mansion.

La tribu des *Clématidées*, par R. Sterckx.

Notes de technique micrographique, par A. Gravis.

BRUXELLES

HAYEZ, IMPRIMEUR DE L'ACADÉMIE ROYALE DES SCIENCES
DES LETTRES ET DES BEAUX-ARTS DE BELGIQUE

Rue de Louvain, 112

1897

PRÉFACE.

Je me propose de réunir, au fur et à mesure de leur publication, les travaux d'anatomie végétale exécutés au laboratoire de l'Institut botanique de l'Université de Liége, et de les distribuer en échange des travaux similaires qui me sont adressés par les savants étrangers. Cette distribution méthodique de mémoires se rapportant à une même spécialité est rendue nécessaire par les grandes difficultés que présentent de nos jours les recherches bibliographiques.

Les premiers volumes des *Archives* contiendront notamment une série de contributions à l'anatomie des Renonculacées. Ces recherches, conçues sur un plan uniforme, constitueront une suite de monographies destinées à rassembler les matériaux d'une étude synthétique de cette famille au point de vue de l'anatomie générale et à celui de l'anatomie systématique. En dirigeant les efforts de mes élèves vers un but unique, j'ai cru me conformer aux conseils si sages formulés, dans un autre domaine, par le savant directeur du Jardin botanique de Bruxelles : « Creuser le même sujet avec une patience à toute épreuve et sans se préoccuper du temps, y faire converger toutes ses méditations et tout ce qu'on peut acquérir d'expérience, s'acharner au même travail jusqu'au moment où la lumière soit devenue complète, nous paraît plus utile au progrès de la science que de disperser son activité sur des objets variés

dont l'étude ne peut être achevée par un seul homme (1). »
« Du reste, le temps importe peu si, au bout de longues recherches, on est parvenu à résoudre l'un ou l'autre de ces problèmes que les observateurs se passent de génération en génération sans en trouver la solution, et cela uniquement faute d'un travail suffisamment prolongé (2). »

L'anatomie végétale, trop longtemps confondue avec la physiologie des plantes, tend à se constituer en une science indépendante, nettement définie par son but, possédant ses méthodes d'investigation de plus en plus rigoureuses, ses procédés techniques perfectionnés, formulant enfin ses résultats sous forme de lois générales dont la portée philosophique ne peut être méconnue; elle est d'ailleurs susceptible d'applications chaque jour plus nombreuses à la physiologie, à la systématique et à la détermination des produits d'origine végétale.

Je serais heureux de voir l'Institut botanique de l'Université de Liége concourir, dans la mesure de ses forces, aux progrès de l'une des branches les plus attrayantes de la botanique.

A. GRAVIS.

Liége, le 15 novembre 1897.

(1) F. Crépin, *Les Roses aux prises avec les savants. — Histoire d'une monographie.* Discours à l'Académie royale des sciences de Belgique, séance du 15 décembre 1888 (*Bulletin,* 3e série, t. XVI, p. 717).

(2) F. Crépin, *Examen de quelques idées émises par MM. Burnat et Gremli sur le genre Rosa.* (Bulletin de la Société royale de botanique de Belgique, séance du 10 mars 1888, p. 61.)

LISTE DE QUELQUES TRAVAUX ANTÉRIEURS OFFERTS EN ÉCHANGE.

GRAVIS (A.), Notice sur quelques faits tératologiques. (*Bulletin de la Société royale de botanique de Belgique*, t. XVI, 1877.)

— Les anomalies florales du poirier et la nature morphologique de l'anthère. (*Ibidem*, t. XIX, 1880.)

— Procédés techniques usités à la station zoologique de Naples, en 1883. (*Bulletin de la Société belge de microscopie*, 28 mars 1884.)

— Recherches anatomiques sur les organes végétatifs de l'*Urtica dioïca* L. (*Mémoires in-4° publiés par l'Académie royale des sciences, des lettres et des beaux-arts de Belgique*, t. XLVII, 1884.)

— Anatomie et physiologie des tissus conducteurs chez les plantes vasculaires. (*Mémoires de la Société belge de microscopie*, t. XII, 1889.)

— Résumé d'une conférence sur l'anatomie des plantes. (*Bulletin de la Société royale de botanique de Belgique*, t. XXX, 1891.)

— De l'emploi des caractères anatomiques dans la classification des végétaux, par M. J. Vesque. — Analyse. (*Ibidem*, t. XXIX, 1890.)

— Des caractères que l'anatomie peut fournir à la classification des végétaux, par M. C.-Ég. Bertrand. — Analyse. (*Ibidem*, t. XXX, 1891.)

— Observations de pathologie végétale. (*Ibid.*, t. XXXIV, 1895.)

Nihoul (Éd.), Contribution à l'étude anatomique des Renonculacées. — *Ranunculus arvensis* L. (*Mémoires* in-4° *publiés par l'Académie royale des sciences, des lettres et des beaux arts de Belgique*, t. LII, 1891.)

Nypels (P.), Observations anatomiques sur les tubercules d'*Apios tuberosa* et d'*Helianthus tuberosus*. (*Bulletin de la Société royale de botanique de Belgique*, t. XXXI, 1892.)

Remy (L.), Contribution à l'étude micrographique du poivre et de ses falsifications. (*Mémoires de la Société royale des sciences de Liége*, t. XVIII, 1895.)

Delaite (J.) et Lonay (H.), Une nouvelle falsification du thé. (*Bulletin de l'Association belge des chimistes*, t. XI, 1897.)

CONTRIBUTION

À

L'ANATOMIE DES RENONCULACÉES

LE GENRE *DELPHINIUM*

PAR

C. LENFANT

DOCTEUR EN SCIENCES NATURELLES
(Examen préparatoire a l'enseignement moyen.)

INTRODUCTION

Le présent travail est une étude de quatre espèces du genre *Delphinium* : deux espèces annuelles, *D. Ajacis* L. et *D. consolida* L.; une espèce bisannuelle, *D. Staphysagria* L. et une espèce vivace, *D. elatum* L.

Je me suis efforcé de caractériser le genre *Delphinium* en étudiant pour chaque espèce : l'embryon dans la graine; le développement de l'appareil végétatif à trois, quatre ou cinq stades convenablement choisis; la plante adulte. Pour l'embryon et les plantes jeunes, un certain nombre d'individus ont été inclus dans la celloïdine et coupés au microtome d'un bout à l'autre. Pour la plante adulte, l'axe hypocotylé, la tige principale et les tiges axillaires ont été étudiés dans toute leur étendue; de même pour les racines de divers ordres. Quant aux appendices, la structure du pétiole et celle du limbe ont été décrites pour les cotylédons et les feuilles adultes.

Ce travail, exécuté au laboratoire de l'Institut botanique de l'Université de Liége, sous la direction de M. le professeur A. Gravis, est destiné à faire suite à une étude commencée par M. Ed. Nihoul [1]. Lorsqu'une série de monographies sem-

[1] *Contribution à l'étude anatomique des Renonculacées.* — Le *Ranunculus arvensis*, par M. Ed. Nihoul. Dans les *Mémoires* in-4° publiés par l'Académie royale des sciences de Belgique, tome LII (1891).

blables auront fait connaître d'une manière complète l'organisation d'un nombre suffisant de Renonculacées, on pourra en déduire la diagnose anatomique de la famille et des genres qu'elle renferme.

Cette synthèse, dans laquelle on tiendra compte des recherches antérieures de MM. Meyer, Marié et Vesque, est sans doute appelée à fournir d'utiles renseignements, tant à l'anatomie générale qu'à l'anatomie systématique.

CONTRIBUTION

À

L'ANATOMIE DES RENONCULACÉES

PREMIÈRE PARTIE.

DELPHINIUM AJACIS.

CHAPITRE PREMIER.

EMBRYON DANS LA GRAINE.

CARACTÈRES EXTÉRIEURS.

« Les fruits du *Delphinium Ajacis* L. sont des follicules. Ceux-ci sont épais et renferment des graines étroitement comprimées les unes contre les autres, ce qui les déforme plus ou moins. Leur albumen considérable loge dans sa partie supérieure un petit embryon, le tégument de la graine s'épaissit inégalement de manière à présenter à la surface un réseau de lignes saillantes anastomosées (1) ». L'embryon mesure $0^{mm},7$ de longueur sur $0^{mm},35$ de largeur; il est droit; ses cotylédons, parallèles aux deux plus grandes faces de la graine, ne sont pas appliqués l'un

(1) Baillon, *Histoire des plantes.*

contre l'autre, mais écartés, l'espace qui les sépare étant occupé par de l'albumen (fig. 1).

Le plan principal de symétrie, passant par le centre de l'axe hypocotylé, est perpendiculaire à la surface de chaque cotylédon.

STRUCTURE.

Nous examinerons principalement : le milieu de l'axe hypocotylé et la région supérieure où se fait l'insertion des cotylédons.

Coupes transversales.

A. *Milieu de l'axe hypocotylé* (fig. 2).

1. *Épiderme :* cellules allongées dans le sens du rayon, cuticule mince, des méats sous cet épiderme.

2. *Parenchyme cortical:* sept à huit assises de cellules arrondies, présentant très nettement une disposition radiale.

La plus profonde de ces couches, l'endoderme, n'offre ici aucun caractère particulier.

3. *Le cylindre central :* éléments procambiaux petits, à section polygonale, allongés dans le sens longitudinal.

Il est délimité par un péricycle assez net, formé par une assise de cellules alternant d'une part avec les cellules de l'endoderme et d'autre part avec les éléments procambiaux du cylindre central.

B. *Région supérieure de l'axe hypocotylé* (fig. 3).

1. *Épiderme.*

2. *Parenchyme cortical :* cinq à six assises de cellules seulement.

3. *Cylindre central* plus allongé dans le sens du plan de symétrie.

Si à partir de cet endroit on étudie les coupes transversales successives, on voit le massif central se diviser en deux autres massifs, l'un antérieur, l'autre postérieur, situés dans le plan de symétrie. Ces deux massifs, dès leur séparation, fuient très obliquement dans les deux cotylédons : ce sont les faisceaux cotylédonaires.

Coupes longitudinales.

Dans la coupe longitudinale suivant le plan principal de symétrie, on retrouve (fig. 4):

A. *Milieu de l'axe hypocotylé.*

1. *Épiderme.*

2. *Parenchyme cortical:* cellules des couches profondes allongées longitudinalement et disposées en séries ; les autres polyédriques.

3. *Cylindre central:* éléments procambiaux assez allongés dans le sens de l'axe.

B. *Région d'insertion des cotylédons.*

L'insertion des deux faisceaux qui sortent dans les cotylédons et qui se prolongent presque jusqu'au bout de ces appendices se fait obliquement. Le parenchyme cortical de l'axe hypocotylé se continue avec le parenchyme des cotylédons.

Entre les deux faisceaux cotylédonaires, se trouve le méristème primitif recouvert par le dermatogène qui se continue avec l'épiderme des cotylédons.

C. *Région inférieure de l'axe hypocotylé.*

En approchant du sommet radiculaire, l'épiderme se cloisonne et donne naissance à la coiffe. Au sommet de celle-ci s'observent cinq à six cellules qui constituent le suspenseur.

Le parenchyme cortical correspond à deux rangs de cellules initiales.

Le cylindre central aboutit à un petit groupe de cellules initiales polyédriques, qui produiront plus tard le faisceau de la racine principale.

CHAPITRE II.

DÉVELOPPEMENT DE L'APPAREIL VÉGÉTATIF.

Ce développement a été étudié à trois stades de la germination.

STADE I.

CARACTÈRES EXTÉRIEURS.

Début de la germination : la moitié inférieure de l'axe hypocotylé se montre au dehors.

STRUCTURE.

Coupes transversales.

A. *Milieu de l'axe hypocotylé* (fig. 5).

Deux éléments différenciés marquent les pôles libériens situés aux extrémités du diamètre perpendiculaire au plan de symétrie.

B. *Région d'insertion des cotylédons* (fig. 6).

Outre les pôles libériens visibles au niveau précédent, on remarque, dans une coupe transversale faite à la base du nœud cotylédonaire, deux pôles ligneux placés dans le plan de symétrie de l'embryon. Au pôle ligneux postérieur se trouve une trachée, au pôle ligneux antérieur deux trachées; elles sont séparées de l'endoderme par une seule cellule du péricycle.

Si l'on examine les coupes transversales successives en considérant uniquement le pôle postérieur, on voit qu'une autre trachée apparaît en dehors de la première; elle est d'abord très étroite, elle s'élargit plus haut, tandis que la première se rétrécit et disparaît (fig. 7, 8, 9). Comme nous le constaterons par l'étude des stades ultérieurs, la trachée d'en bas marque le pôle du bois centripète qui se développera par la suite dans l'axe hypocotylé. La trachée d'en haut marque, au contraire, le pôle du bois cen-

trifuge cotylédonaire. La région que nous observons ici est donc celle du contact entre le faisceau bipolaire de l'axe hypocotylé et les deux faisceaux unipolaires des cotylédons. Le même contact s'observe au pôle antérieur.

Coupe longitudinale.

La coupe longitudinale passant par le plan principal de symétrie, montre très bien le contact des deux trachées initiales du faisceau bipolaire, avec les trachées initiales de deux faisceaux unipolaires des cotylédons. Cette figure est en tout semblable à celle dessinée par M. Nihoul dans son travail sur le *Ranunculus arvensis* ([1]).

STADE II.

CARACTÈRES EXTÉRIEURS.

Les cotylédons dégagés du spermoderme concourent déjà à l'élaboration. Deux petites feuilles sont visibles à l'œil nu. L'axe hypocotylé est blanchâtre et reconnaissable à sa surface lisse ; il mesure une longueur de 25 millimètres et une épaisseur de $1^{mm},5$.

La racine principale a une couleur terne et est beaucoup plus longue que l'axe hypocotylé. Au collet superficiel, c'est-à-dire au niveau où la surface change de couleur, il n'existe pas de radicelles, celles-ci se développent seulement plus bas (fig. 10).

STRUCTURE.

Coupes transversales.

A. *Milieu de l'axe hypocotylé* (fig. 11).

Épiderme et parenchyme cortical complètement différenciés. Endoderme reconnaissable à ses plissements sur les cloisons radiales; péricycle constitué par une seule assise de cellules, excepté en face des pôles ligneux où les cellules sont dédoublées

([1]) *Loc. cit.*

tangentiellement. Faisceau bipolaire : les deux pôles ligneux centripètes complètement différenciés se touchent presque au centre de la coupe; deux massifs libériens ; deux zones cambiales récemment apparues entre bois et liber.

B. *Région d'insertion des cotylédons et de la tige principale.*

Dans la région supérieure de l'axe hypocotylé (4 millimètres sous le nœud cotylédonaire) (fig. 12), le cylindre central s'élargit en tout sens, mais principalement suivant le diamètre perpendiculaire au plan de symétrie. Les deux pôles ligneux centripètes se trouvent maintenant englobés par les éléments ligneux secondaires à développement centrifuge qui se forment à droite et à gauche. Deux zones cambiales; deux massifs de liber secondaire.

En continuant l'examen des coupes successives, on est conduit a reconnaître, dans la coupe représentée par la figure 13, les deux pôles ligneux centripètes (B. cp.), séparés à ce niveau par du tissu fondamental interne (moelle); à droite et à gauche, un très large faisceau libéro-ligneux à bois centrifuge.

A un niveau un peu supérieur encore (fig. 14), les deux pôles centripètes sont très écartés l'un de l'autre. A droite et à gauche du plan de symétrie sont groupés autour d'un parenchyme médullaire assez développé, dix faisceaux savoir :

Quatre faisceaux cotylédonaires rapprochés deux à deux des pôles centripètes, quatre faisceaux A, B, C, D et enfin deux faisceaux médians foliaires (M^1 et M^2) destinés aux deux premières feuilles. Ces dix faisceaux proviennent de la division des deux larges faisceaux libéro-ligneux observés au niveau précédent (fig. 13).

Arrivés dans le nœud, les deux faisceaux cotylédonaires antérieurs sortent obliquement dans le cotylédon, entrainant avec eux le bois centripète du pôle antérieur; la même chose se réalise pour le cotylédon postérieur.

Dans le *D. Ajacis*, on peut donc distinguer dans le nœud cotylédonaire deux contacts :

1° Le contact entre le bois centripète de l'axe hypocotylé et le bois centrifuge des faisceaux cotylédonaires;

2° Le contact des faisceaux de la tige principale (A, B, M[1], C, D, M[2]), avec le bois centripète de l'axe hypocotylé.

Ces deux contacts s'opèrent à partir de 4 millimètres en dessous du nœud cotylédonaire et se continuent sur une étendue de 2 millimètres environ ; le premier se poursuit encore jusque dans le pétiole des cotylédons.

C. *Racine principale.*

La structure ne diffère guère de celle de l'axe hypocotylé que par l'existence d'une assise pilifère à la place de l'épiderme. Sur la racine principale, s'insèrent quelques radicelles par le moyen de nombreuses trachées courtes et de grand diamètre.

Coupe longitudinale.

La coupe longitudinale montre (fig. 15) :

1° Que le faisceau bipolaire de la racine principale est bien la continuation du faisceau de l'axe hypocotylé et que les faisceaux qui se rendent aux cotylédons ainsi qu'à la feuille 1 sont en contact avec le faisceau bipolaire.

On a renseigné sur ce dessin les niveaux correspondant aux coupes transversales (fig. 12, 13 et 14).

STADE III.

CARACTÈRES EXTÉRIEURS.

Cinq à six petites feuilles sont visibles à l'extérieur; les cotylédons à ce stade ont atteint leur maximum de développement.

STRUCTURE DE L'AXE HYPOCOTYLÉ.

A. *Milieu de l'axe hypocotylé* (fig. 16).

Les deux zones cambiales ont produit deux massifs de bois secondaire, ainsi qu'une petite quantité de liber secondaire. Entre les massifs de B^2, le péricycle s'est recloisonné activement et a donné naissance à des files radiales de cellules à parois minces.

B. *Région du nœud cotylédonaire.*

Les quatre faisceaux réparateurs A, B, C, D, se divisent

avant d'arriver au nœud cotylédonaire, c'est-à-dire à un niveau inférieur à celui où se fait cette division dans le *Ranunculus arvensis.* La sortie des faisceaux cotylédonaires se fait plus haut, comme au stade précédent (comme dans le *Ranunculus* l'un des cotylédons sort à un niveau un peu plus bas que l'autre). Un bourgeon se trouve à l'aisselle de chaque cotylédon.

STRUCTURE DES COTYLÉDONS.

Les cotylédons au stade III sont arrivés à leur complet développement. Les pétioles, non concrescents, portent un limbe ovale, à sommet obtus. La nervation consiste en une nervure médiane, quatre nervures latérales détachées dès la base du limbe et enfin de très fines nervures anastomosées. Les deux faisceaux qui ont pénétré dans chaque cotylédon restent séparés dans toute l'étendue du pétiole; toutefois, à l'extrémité de ce dernier, ils se rapprochent au point de se fusionner par leur région ligneuse.

Les figures 17, 18, 19 représentent ces deux faisceaux respectivement à la base, au milieu et au sommet d'un pétiole cotylédonaire. On remarquera dans ces figures quelques trachées étroites qui sont la continuation du bois centripète de l'axe hypocotylé entre les deux faisceaux. Au sommet se trouve une glande à eau. (Voir chapitre : Feuille).

STRUCTURE DE LA TIGE PRINCIPALE.

Nous ferons connaître la stucture de la tige principale, dont le parcours est représenté par la figure 20. D'autres individus, étudiés d'une façon aussi complète, n'ont présenté que des différences secondaires. Les premiers entre-nœuds de la tige principale sont toujours très courts.

Entre-nœud 1 (fig. 21). — Vingt et un faisceaux parmi lesquels il faut signaler d'abord les médians des feuilles 1 et 2, puis quatre groupes issus de la ramification de faisceaux réparateurs A, B, C, D (chacun de ces faisceaux s'étant divisé en quatre ou cinq faisceaux foliaires). L'entre-nœud 1 du *Delphinium Ajacis*

diffère ainsi notablement de la région correspondante du *Ranunculus* [1].

Les dix-neuf faisceaux provenant de la division des réparateurs A, B, C, D, sont tous ici foliaires. On y reconnait le faisceau latéral de la feuille 1 (L^1), les deux faisceaux latéraux de la feuille 2 (L^2), puis encore une série de traces foliaires complètes, savoir : $(LML)^3$, $(LML)^4$, $(LML)^5$, $(LML)^6$ et enfin le médian de la feuille ^{7} (M^7).

La figure 20, exprime suffisamment le parcours des faisceaux : on y remarquera l'absence d'anastomoses aux nœuds.

STRUCTURE DES FEUILLES.

Les feuilles prennent un développement très inégal, comme on peut s'en assurer par les figures 22, 23, 24, 25. La première ne reçoit que deux faisceaux (ML) [2], tandis que les cinq feuilles suivantes reçoivent trois faisceaux (LML). Les divergences foliaires sont exprimées par le tableau suivant :

Cot. *a*	
	> 178°
Cot. *p*	
	> 109°
Feuille ^{1}	
	> 174°
Feuille ^{2}	
	> 132°
Feuille ^{3}	
	> 137°
Feuille ^{4}	
	> 137°
Feuille ^{5}	
	> 156°
Feuille ^{6}	
	> 116°
Feuille ^{7}	
	> 150°
Feuille ^{8}	
	> 130°
Feuille ^{9}	
	> 139°
Feuille ^{10}	

La divergence moyenne est donc de 141°, soit à peu près $^2/_5$. La vernation est représentée par la figure 26.

[1] E. Nihoul, *loc. cit.*

[2] L'autre faisceau latéral de la feuille 1 se forme par division du médian à la base du pétiole de cette feuille. Dans d'autres individus, il arrive que la feuille 1 ne reçoit de la tige que le faisceau médian (M), lequel se trifurque alors dans le pétiole. Dans ces mêmes plantes, la feuille 2 reçoit de la tige deux faisceaux seulement (ML), et le second faisceau L apparaît dans le pétiole.

CHAPITRE III.

PLANTE ADULTE.

---

§ 1. LES TIGES.

CARACTÈRES EXTÉRIEURS.

La plante adulte, choisie pour être soumise à un examen détaillé, présente les caractères suivants : L'axe hypocotylé aussi épais que la racine principale avec laquelle il se confond, mesure 3 à 4 centimètres de longueur; la racine principale, assez développée, porte de fortes radicelles ; il n'y a pas de racines adventives au premier nœud de la tige principale. On ne distingue plus l'insertion des cotylédons, ni celle des premières feuilles.

Dans l'exemple que nous avons choisi, la tige principale mesurait une hauteur de 80 centimètres, depuis le nœud cotylédonaire jusqu'au sommet de l'inflorescence. Elle portait 24 feuilles, plus les bractées de l'inflorescence.

Les feuilles sont espacées par des entre-nœuds d'une longueur variable. L'entre-nœud situé sous la première fleur est plus long que les autres, c'est une sorte de hampe. A l'aisselle de chaque feuille se trouve un bourgeon plus ou moins développé; à partir du milieu de la tige principale, ces bourgeons se développent régulièrement en tige axillaire florifère.

Les feuilles sont polymorphes : A la base, elles sont à limbe peu découpé; les supérieures sont à lobes plus nombreux et profondément découpées. Entre les deux, on rencontre toutes les transitions. Quant aux bractées, leur taille diminue et leurs lobes, au nombre de trois, se réduisent finalement à un seul.

STRUCTURE.

Pour la facilité de l'exposition, nous distinguerons dans la tige les régions suivantes :

1° L'axe hypocotylé;

2° Les six premiers segments, dont la structure se complique d'un segment à l'autre;

3° Les segments de 7 à 16 dont la structure est sensiblement constante et réalise le maximum de complication;

4° Les segments de 17 à 24 (c'est-à-dire avant d'arriver à la première bractée) dont la structure se simplifie graduellement;

5° L'inflorescence.

Cette division de la tige en cinq régions est confirmée par l'examen des appendices.

A. PARCOURS DES FAISCEAUX.

Une coupe quelconque montre deux catégories de faisceaux :

1° Les faisceaux foliaires complètement individualisés, qui vont sortir dans les feuilles prochaines sans subir de ramifications;

2° Les faisceaux réparateurs, qui doivent se ramifier pour donner naissance aux faisceaux foliaires des feuilles prochaines.

Les faisceaux foliaires sont les plus gros et les plus rapprochés du centre. Dans toute l'étendue des entre-nœuds, tous les faisceaux marchent parallèlement; aux nœuds, des faisceaux, en nombre variable suivant la région, se rendant dans les feuilles (voir plus loin, chapitre : Feuille). Les faisceaux voisins des faisceaux foliaires se divisent pour remplacer les faisceaux sortis. Des anastomoses se produisent au dessus de ces derniers, mais ne se présentent pas d'une façon constante à chaque nœud (fig. 27).

Si nous examinons l'allure générale des groupes A, B, C, D,

nous constatons que le groupe B, dans la région à structure constante, contient un plus grand nombre de faisceaux que les autres groupes (fig. 29).

Ce fait ayant été observé dans un individu dextre, j'ai soumis un individu sénestre à une étude attentive. J'ai pu constater, dans ce second individu, que c'était le groupe A qui comprenait le plus grand nombre de faisceaux (fig. 30).

Les figures 29 et 30 représentent l'entre-nœud 13 de ces deux plantes. Dans la première (provenant de l'individu dextre) on voit que sur un total de cinquante-deux faisceaux, il y a vingt faisceaux dans le groupe B, dix ou onze seulement dans les groupes A, C et D.

L'autre figure (correspondant à l'individu sénestre) montre sur un total de quarante-cinq faisceaux, neuf ou dix faisceaux dans les groupes B, C, et D, seize faisceaux au contraire dans le groupe A.

Ces deux coupes comparables sont symétriques l'une et l'autre, comme les individus dont elles proviennent. Ce développement variable des groupes A et B dans le *Delphinium Ajacis* rappelle un fait du même genre observé par M. Nihoul dans le *Ranunculus arvensis*. Dans cette espèce, l'un des faisceaux réparateurs A ou B se bifurque, selon que la plante est sénestre ou destre.

Pour plus de détails, il suffira de jeter un coup d'œil sur la figure 28 qui représente le parcours dans l'ensemble de la tige.

B. INSERTION DES TIGES AXILLAIRES.

Le bourgeon axillaire des premiers nœuds de la tige principale restent latents ; les autres se développent en un rameau plus ou moins allongé et toujours florifère.

Le premier entre-nœud d'une tige axillaire contient un assez grand nombre de faisceaux (quinze à vingt) provenant de la ramification de deux faisceaux qui, dans la tige mère sont les plus voisins du faisceau foliaire médian.

Ce mode d'insertion est le plus simple et semble-t-il, le plus commun. Chez le *Ranunculus*, M. E. Nihoul a fait connaître un mode d'insertion bien différent. Chez le *Thalictrum*, l'insertion des bourgeons se fait tout autrement encore comme M. Mansion le fera connaître prochainement.

Toutefois, dans les nœuds de la région la plus développée du *Delphinium Ajacis*, les bourgeons sont plus profondément insérés : ils reçoivent alors trois ou quatre faisceaux gemmaires, qui se ramifient avant même de sortir de la tige mère.

C. HISTOLOGIE.

Nous considérerons les cinq régions distinguées plus haut.

1re région : *Axe hypocotylé.* — Au milieu de l'axe hypocotylé, le parenchyme cortical est décortiqué et la surface est constituée par une couche subéreuse. Le centre est occupé par un massif ligneux primaire à deux pôles, entouré de toute part par une large zone continue de B^2. Le cambium ne fonctionne plus. On rencontre un grand nombre de petits massifs libériens vers la phériphérie. Les deux massifs de liber primaire sont peu reconnaissables.

2e région. — Une coupe transversale pratiquée dans l'entre-nœud 2, est représentée par la figure 31. Tissu fondamental interne sans lacune centrale. Contre le bois primaire, une couronne de bois secondaire continue, épaisse, interrompue seulement pour laisser sortir les foliaires. Ce bois secondaire est formé d'un très grand nombre de fibres étroites à parois très épaisses et dures, entremêlées d'un petit nombre de vaisseaux disposés en files rayonnantes.

La zone cambiale, formant un anneau continu, a fonctionné activement puis s'est éteinte. Le liber des faisceaux principaux est accompagné d'un petit massif de fibres sclérifiées peu nombreuses. Ces éléments font défaut aux autres faisceaux. Pas d'endoderme caractérisé. Les cellules du parenchyme externe étirées tangentiellement se sont recloisonnées radialement.

Pas d'hypoderme collenchymateux.

Épiderme mortifié.

Pour bien saisir la valeur des tissus de la plante adulte, il convient de remonter à l'époque de leur formation. La série des figures 32, 33, 34, 35, représentent des portions de coupe tranversales dans ce même entre-nœud 2, provenant de plantules de plus en plus âgées. La première (fig. 32) nous présente un faisceau (M^9) au stade procambial, un autre (L^4) dans lequel la première trachée s'est différenciée, un autre encore (L^6) dont le bois primaire est entièrement constitué. La zone cambiale commence déjà à fonctionner. A l'extérieur de ces faisceaux, contre le massif libérien, on remarque une rangée de cellules qui par leur recloisonnement vont former un massif de sclérenchyme. Le tissu fondamental externe est constitué de cinq assises de cellules. L'épiderme couvre la surface.

Dans une coupe un peu plus âgée (fig. 33), un recloisonnement des cellules contre le liber s'opère activement. Le parenchyme externe est encore formé de cinq assises cellulaires.

Dans une plante presque adulte (fig. 34), les cellules recloisonnées contre le liber des faisceaux principaux épaississent fortement leur parois et se sclérifient (fibres libériennes des anciens auteurs, fibres péricycliques de Van Thieghen et de Marié). A aucun stade, on n'a observé d'endoderme bien caractérisé : la couche la plus profonde du parenchyme externe ne se différencie pas des autres. Entre-temps la zone cambiale est entrée en activité et a produit d'abord du B^2 pauvre en vaisseaux, mais riche en fibres à parois épaisses et sclérifiées (fig. 35).

3e région. — Dans cette région, les faisceaux sont plus nombreux et plus écartés que dans la région précédente. La coupe transversale de l'entre-nœud 13 est l'une des plus complètes (fig. 36 à comparer à la fig. 31). Le tissu fondamental interne est plus développé que dans la région précédente; il est d'ailleurs creusé d'une vaste lacune. Le B^2 ne forme pas une couronne continue, mais constitue, dans chaque faisceau, un massif peu considérable, sans fibres sclérifiées. Pas de zone cambiale en

anneau, mais des arcs intrafasciculaires seulement; ils sont souvent un peu incurvés autour du liber. Celui-ci est accompagné d'un massif volumineux de fibres sclérifiées. Dans les faisceaux foliaires, de nombreuses fibres primitives à parois minces s'observent en avant du bois primaire. Les rayons interfasciculaires sont occupés par des cellules à parois un peu épaisses. Le parenchyme externe comprend trois assises de cellules avec chlorophylle et méats. Une assise hypodermique très collenchymateuse, enfin un épiderme avec cuticule mince. Les cloisons radiales des cellules épidermiques ne sont pas épaissies, tandis que les parois externes et internes sont épaisses et cellulosiques. Des stomates semblables à ceux de la feuille; on trouve çà et là les cicatrices laissées par la chute des poils [1].

4e région. — Elle offre les mêmes caractères que ceux de la région précédente, sauf que le nombre de faisceaux diminue progressivement.

5e région. — Une coupe transversale dans l'axe de l'inflorescence (fig. 37) diffère assez peu de celles pratiquées dans les deux régions précédentes. L'épiderme porte de très nombreux poils, les uns unicellulaires, incolores, effilés, souvent courbés, à parois si épaisses que leur cavité semble oblitérée; les autres poils, en moins grand nombre, sont beaucoup plus longs, ventrus à leur base [2]; les parois, partout assez minces, sont colorées en jaune doré. La partie renflée renferme une substance granuleuse, un noyau; le col, très effilé, semble ouvert à l'extrémité (fig. 38).

(1) On remarquera combien les caractères histologiques de la troisième région sont différents de ceux de la deuxième. Le *Delphinium Ajacis* est un exemple remarquable de la variabilité des tissus dans une même tige et montre bien l'inconvénient qu'il y a à décrire la stucture d'une seule région comme caractéristique d'une espèce.

(2) Marié signale des poils ventrus à la surface des pedicelles du *Delphinium Staphysagria* et les représente à la planche VI, figure 57 du mémoire déjà cité. Cet auteur ne les indique pas dans le *Delphinium Ajacis*.

§ 2. LES FEUILLES.

CARACTÈRES EXTÉRIEURS.

Dans la plante adulte, les premières feuilles sont flétries et tombées Nous avons signalé au stade II que les quatre premières feuilles sont de taille très inégale, de plus en plus grandes et de plus en plus découpées, avec un pétiole relativement long. Les feuilles suivantes continuent à se compliquer de la sorte. Les plus développées (1 décimètre de longueur sur 16 centimètres environ de largeur) ont un pétiole court, une nervure médiane avec trois paires de lobes principaux subdivisés en nombreux segments étroits (fig. 39). Plus haut, les feuilles passent insensiblement à l'état de bractées. Celles-ci présentent un petit nombre de lobes, souvent trois ou même un seul.

STRUCTURE.

Comme nous l'avons vu, chaque cotylédon reçoit deux faisceaux ; la feuille 1 reçoit tantôt un faisceau (M), tantôt deux (ML) ; la feuille 2 reçoit deux faisceaux (ML) ou trois faisceaux (LML).

Aux autres feuilles, le nombre des faisceaux sortants varie d'une plante à une autre sans qu'on puisse rattacher ces différences à des variations correspondantes de la taille et de la vigueur de la plante. Dans la plupart des individus, toutes les feuilles reçoivent trois faisceaux à partir du nœud ^{3} (LML), en exceptant toutefois les plus petites bractées, qui n'en reçoivent qu'un seul.

Dans un certain nombre d'individus, les feuilles les plus développées reçoivent quatre faisceaux (L*i*ML). Enfin un individu plus spécialement étudié au point de vue du parcours (pl. IV) possédait quelques feuilles à cinq (L*i*M*i*L) ou à six faisceaux

(L*i*'M*ii*L) : c'est cette tige qui a fourni les renseignements consignés dans le tableau suivant.

RÉGIONS.	Segments caulinaires.	Nombre de faisceaux reçus de la tige.	Divergence foliaire d'un nœud à l'autre.	Divergence foliaire moyenne par région.
Ire.	Cotylédon [a]	2 faisceaux . . .	180°	180°
	Cotylédon [p]	2 id. . . .	109°	
IIe.	Feuille [1]. .	1 faisceau	176°	143° 50′, soit très sensiblement $^2/_5$.
	Feuille [2]. .	3 faisceaux . . .	140°	
	Feuille [3]. .	3 id. . . .	125°	
	Feuille [4]. .	4 id. . . .	138°	
	Feuille [5]. .	3 id. . . .	140°	
	Feuille [6]. .	5 id. . . .	144°	
IIIe.	Feuille [7]. .	5 faisceaux . . .	125°	140° 20′, soit un angle compris entre $^2/_5$ et $^3/_8$.
	Feuille [8]. .	5 id. . . .	143°	
	Feuille [9]. .	5 id. . . .	142°	
	Feuille [10] .	5 id. . . .	141°	
	Feuille [11] .	6 id. . . .	144°	
	Feuille [12] .	6 id. . . .	143°	
	Feuille [13] .	5 id. . . .	140°	
	Feuille [14] .	5 id. . . .	143°	
	Feuille [15] .	5 id. . . .	142°	
	Feuille [16] .	5 id . . .	139°	
IVe.	Feuille [17] .	3 faisceaux . . .	141°	134° 30′, soit sensiblement $^3/_8$.
	Feuille [18] .	4 id. . . .	140°	
	Feuille [19] .	4 id. . . .	138°	
	Feuille [20] .	3 id. . . .	125°	
	Feuille [21] .	4 id. . . .	140°	
	Feuille [22] .	3 id. . . .	125°	
	Feuille [23] .	3 id. . . .	128°	
	Feuille [24] .	3 id. . . .	144°	
Ve.	Bractée [25] .	3 faisceaux . . .	140°	139° 40′, soit un angle compris entre $^2/_5$ et $^3/_8$.
	Bractée [26] .	2 id. . . .	135°	
	Bractée [27] .	1 id. . . .		
	etc.			

Les cinq régions indiquées dans la première colonne du tableau ci-dessus, sont celles qui ont été caractérisées par la structure de la tige principale adulte. On reconnaîtra une relation entre chacune de ces régions de la tige et les appendices qu'elle porte. Ainsi la première région ou axe hypocotylé, dont la structure est si particulière, porte des appendices à deux faisceaux dont la divergence est de 180°.

La deuxième région, dont la structure est de plus en plus compliquée, porte des appendices recevant de plus en plus de faisceaux, un à cinq, la divergence foliaire est sensiblement $^2/_5$.

La troisième région, à structure constante, porte des feuilles à cinq ou à six faisceaux, la divergence foliaire est comprise entre $^2/_5$ et $^3/_8$.

Dans la quatrième région, les feuilles reçoivent seulement quatre ou trois faisceaux, leur divergence est sensiblement $^3/_8$; enfin, dans la cinquième région, les bractées possèdent trois, deux ou un faisceau, leur divergence est comprise entre $^2/_5$ et $^3/_8$.

Structure de la feuille 13. — Nous prendrons cette feuille pour exemple, parce que c'est l'une des plus développées et parce qu'elle appartient à la région à structure constante.

Commençons par le parcours dans le pétiole et la nervure médiane (fig. 40). Sitôt après la sortie dans la feuille des cinq faisceaux L*i*M*i*L (¹), les deux faisceaux L se divisent et produisent chacun un faisceau marginal (*m*) (fig. 41, coupe transversale à la base du pétiole). En approchant du niveau de la première ramification de la nervure médiane (insertion des deux premiers lobes), chaque faisceau *i* donne naissance à un faisceau antérieur, c'est-à-dire du côté de l'épiderme interne ou supérieur (fig. 42). Un peu au-dessus, les faisceaux destinés aux deux lobes principaux se détachent des faisceaux foliaires *m*L*i*M*i*L*m*, et sortent à droite et à gauche, en passant entre le médian et les deux petits

(¹) Les faisceaux foliaires sortants sont : un médian M, deux latéraux L et deux intermédiaires *i*.

antérieurs dont il vient d'être question. Après quoi ces derniers s'anastomosent avec les faisceaux *m* ([1]).

Un centimètre plus haut, la nervure médiane contient encore sept faisceaux (fig. 43). La seconde et la troisième ramifications se produisent comme la première, mais les faisceaux *m*L*i*M*i*L*m* sont plus rapprochés les uns des autres et on ne constate plus l'existence de deux petits faisceaux antérieurs (voir fig. 44, 45, 46).

Une coupe tranversale au milieu du limbe de la feuille 13 montre (fig. 47) :

1° Épiderme : Cellules sans chlorophylle à cuticule lisse, stomates nombreux (à la face externe ou inférieure seulement), formés de deux cellules de bordure au niveau de la surface avec deux replis saillants de la cuticule.

Vu de face, l'épiderme présente des cellules à contours sinueux; ses stomates du type *Ranunculus* sont sans cellules annexes. Poils unicellulaires, simples, droits, effilés aux deux faces de la feuille; pas de poils ventrus (fig. 48).

2° Mésophylle nettement hétérogène. Une seule couche de cellules en palissades à la face interne (longueur $^1/_2$ environ de l'épaisseur du mésophylle); quatre à cinq couches de cellules irrégulières, à grands méats formant un parenchyme spongieux. Chlorophylle répartie régulièrement dans tout le mésophylle. Pas de cristaux. Nervure constituée par un seul faisceau. A l'extrémité de chacun des segments se trouve une glande à eau sous l'épiderme supérieur. Cette glande est munie d'un ou deux stomates aquifères (fig. 49, 50, 51, 52, 53, 54).

([1]) Cette insertion des deux lobes latéraux sur la nervure médiane, n'est pas sans analogie avec l'insertion d'une feuille sur la tige. La feuille du *Delphinium*, comme celle de l'*Urtica*, semble donc fournir des arguments en faveur de l'hypothèse émise par M. C. de Candolle dans sa théorie de la feuille, page 6. Voir aussi : *Recherches anatomiques sur les organes végétatifs de l'*Urtica droïca, par A. Gravis dans les *Mémoires couronnés et les Mémoires des savants étrangers* publiés par l'Académie royale de Belgique, t. XVLII, in-4°, 1884, p. 180.

§ 3. LES RACINES.

Il faut distinguer la racine principale, les racines secondaires, et les radicelles.

Racine principale : Le parenchyme cortical est décortiqué et la surface est mortifiée. Au centre, un massif ligneux primaire à deux pôles, entouré de toute part par une large zone de bois secondaire continu ; cambium éteint. Un grand nombre de petits massifs libériens secondaires, deux massifs de liber primaire très reconnaissables.

Racines secondaires : Elles diffèrent de la racine principale par les caractères suivants : Le parenchyme cortical existe encore mais se décortique à certains endroits. Le bois secondaire forme deux massifs l'un à droite, l'autre à gauche de la lame ligneuse primaire bipolaire.

Radicelles : Faisceau ordinairement bipolaire, parfois tripolaire. Productions secondaires peu développées. Endoderme. Parenchyme cortical persistant, assise pilifère.

TÉRATOLOGIE.

PLANTULES A TROIS COTYLÉDONS.

Pour compléter l'histoire du *D. Ajacis*, signalons quelques anomalies observées au cours des recherches.

Dans les semis, on rencontre parfois des plantules dont l'un des cotylédons est bilobé, ainsi que des plantules à trois cotylédons égaux. Ces dernières réalisent deux conformations anatomiques. Nous avons donc trois cas à considérer.

1er cas. *L'un des cotylédons est bilobé.* La structure est identique à celle des plantules normales, sauf que dans l'un des pétioles cotylédonaires les deux faisceaux se séparent vers le haut au lieu de se fusionner.

2e cas. *Trois cotylédons égaux et parfaitement séparés; faisceau bipolaire.* Deux plantules réalisant ce cas ont été étudiées. L'axe hypocotylé dans toute son étendue, de même que la racine, contenaient un faisceau bipolaire normal. Au nœud, deux faisceaux cotylédonaires se rendaient normalement dans l'un des cotylédons, les deux autres faisceaux cotylédonaires se séparaient immédiatement, pour se rendre respectivement dans les deux autres cotylédons ; ceux-ci équivalaient donc morphologiquement à la moitié d'un cotyléon normal (fig. 55).

3e cas. *Trois cotylédons égaux et parfaitement séparés; faisceau tripolaire* (fig. 56, dessin de la plantule). Deux autres individus réalisaient cette anomalie. Au milieu de l'axe hypocotylé, comme dans la racine principale, le faisceau possédait trois pôles ligneux, séparés par un angle de 120° et trois poles libériens (fig. 57). Au nœud, six faisceaux cotylédonaires se trouvaient groupés deux à deux à chacun des pôles ligneux, de sorte que chaque cotylédon recevait deux faisceaux comme dans les individus normaux.

Le tableau suivant indique les angles de divergence foliaire dans l'une des plantules réalisant la troisième anomalie.

Cot^{1}	
	> 119°
Cot.^{2}	
	> 118°
Cot.^{3}	
	> 50°
Feuille^{1}	
	> 128°
Feuille^{2}	
	> 126°
Feuille^{3}	
	> 141°
Feuille^{4}	
	> 132°
Feuille^{5}	
	> 150°
Feuille^{6}	
	> 146°
Feuille^{7}	
	> 130°
Feuille^{8}	
	> 124°
Feuille^{9}	
	> 146°
Feuille^{10}	
	> 138°
Feuille^{11}	

DEUXIÈME PARTIE.

DELPHINIUM CONSOLIDA L.

Le *D. consolida* a été étudié aux mêmes stades que le *D. Ajacis*. Il suffira de mentionner ici les différences qui existent entre ces deux espèces. Le *D. Ajacis* et le *D. consolida* sont deux plantes annuelles, également vigoureuses, qui semblent d'après la diagnose des flores avoir entre elles les plus grandes ressemblances. Quand on les compare à l'état vivant, la distinction spécifique de ces deux types linnéens s'impose cependant à l'observateur. Malgré toutes leurs affinités, ce sont donc deux *bonnes espèces* : de plus, comme nous le verrons bientôt, l'histologie permet de les reconnaître aisément.

L'embryon du *D. consolida*, ses plantules aux stades I, II et III sont identiques à l'embryon et aux plantules du *D. Ajacis*. Dans les deux espèces, la tige adulte se compose des mêmes régions; le parcours des faisceaux est le même, bien que le nombre des faisceaux soit moins considérable dans le *D. consolida*. Les feuilles de cette espèce reçoivent trois faisceaux, excepté la feuille 1 qui n'en reçoit qu'un (M) ou deux (ML). Il est à remarquer que dans cette espèce aussi, il existe des individus dextres et d'autres sénestres. Une tige dextre a montré qu'ici aussi le groupe B renferme plus de faisceaux que les autres (fig. 59).

Histologie de la tige. Une coupe transversale a été pratiquée dans l'entre-nœud 15 d'une plante qui s'était développée tout à côté du *D. Ajacis* adulte décrit ci-dessus, à l'effet d'obtenir des dessins parfaitement comparables (fig. 60-61 du *D. consolida*, à comparer aux fig. 62-63 du *D. Ajacis*). La coupe dans le *D. consolida* contient vingt-trois faisceaux alors que la coupe correspondante du *D. Ajacis* en contenait quarante-trois. La composition

des faisceaux et leur disposition sont identiques. Une différence à noter, c'est que tous les tissus du *D. consolida* sont plus fortement sclérifiés et cela au point que tous les tissus, excepté l'hypoderme et le liber, se colorent en jaune par le chlorure de zinc iodé. Les fibres primitives en avant du bois primaire qui sont si délicates dans le *D. Ajacis* ont ici des parois épaisses et dures. Des fibres ligneuses sclérifiées existent ici dans le bois secondaire même dans les régions supérieures de la tige. Les fibres sclérifiées accompagnant le liber ont des cavités réduites à un point. Le parenchyme interfasciculaire est très fortement sclérifié comme ce qui reste de la moelle. Pas d'endoderme caractérisé. Le parenchyme qui est chlorophyllien dans le *D. Ajacis* est formé ici de cellules scléreuses qui se distinguent du sclérenchyme voisin par l'existence de méats intercellulaires. Hypoderme collenchymateux. Épiderme à cuticule très épaisse. Cet épiderme porte des poils plus nombreux que celui du *D. Ajacis* et un certain nombre de poils persistent à l'état adulte.

Ces caractères histologiques sont si nets et si constants qu'ils permettent de distinguer ces deux espèces voisines de *Delphinium* par l'examen d'une simple coupe transversale provenant d'une région quelconque de la tige ([1]). Peu d'espèces affines, croyons-nous, sont susceptibles d'être aussi facilement distinguées par les caractères microscopiques.

Les feuilles du *D. consolida* diffèrent peu de celles du *D. Ajacis*. Les plus développées ont également un pétiole court, une nervure médiane à trois paires de lobes principaux, mais ceux-ci sont subdivisés en segments plus étroits que dans le *D. Ajacis*. L'épiderme, les poils, les stomates ont les mêmes caractères dans les deux espèces. Notons seulement que dans le *D. consolida*, les éléments constituant le parenchyme spongieux et le parenchyme en palissade sont beaucoup plus serrés et pas si lacuneux que dans le *D. Ajacis* (fig. 64).

([1]) M. Marié, dans le mémoire déjà cité, énonce quelques-uns des caractères distinctifs ci-dessus indiqués, et les figure sans toutefois y attacher beaucoup d'importance.

TROISIÈME PARTIE.

DELPHINIUM STAPHYSAGRIA.

I. EMBRYON.

Dans l'angle supérieur de la graine se trouve un embryon qui mesure en moyenne $0^{mm},9$ de longueur sur $0^{mm},37$ de largeur.

II. PLANTULES.

Les stades I, II, III sont identiques à ceux étudiés dans le *D. Ajacis*. La région de contact s'étend également sur un demi-centimètre en dessous du nœud cotylédonaire. Le contact entre la tige et la racine s'opère exactement comme il a été dit plus haut. Toutes les feuilles indistinctement reçoivent trois faisceaux. Les anastomoses au nœud sont rares. Il y a des plantes dextres et d'autres sénestres.

Dans un individu, j'ai observé les divergences foliaires suivantes : spire (fig. 65), vernation (fig. 66).

Cot. *a*	
	> 178°
Cot. *p*	
	> 96°
Feuille ^{1}	
	> 178°
Feuille ^{2}	
	> 142°
Feuille ^{3}	
	> 140°
Feuille ^{4}	
	> 131°
Feuille ^{5}	
	> 142°
Feuille ^{6}	
	> 123°
Feuille ^{7}	
	> 132°
Feuille ^{8}	
	> 130°
Feuille ^{9}	
	> 127°
Feuille ^{10}	

A la fin de la première année, les plantules du *D. Staphysagria* ont pris un grand développement. Elles peuvent avoir produit une douzaine de feuilles à très long pétiole et à très large limbe. La tige toutefois reste courte (5 centimètres de long). Elle se termine par un bourgeon terminal nu, c'est-à-dire non protégé par des feuilles pérulaires. Aussi ces plantes ne supportent-elles pas, sans abri, l'hiver de nos régions. Le nœud cotylédonaire se trouve au niveau du sol, l'axe hypocotylé ayant subi par l'effet de la contraction des racines un léger enfoncement. Une coupe faite au milieu de l'axe hypocotylé montre :

1° Le parenchyme cortical comprenant la moitié du diamètre total;

2° Au centre, un massif ligneux primaire à deux pôles entouré d'éléments parenchymateux étirés. A droite et à gauche, un massif de B^2 quelquefois découpé en lames radiales; çà et là d'autres massifs isolés de B^2. Une zone génératrice circulaire composée d'arcs cambiaux et d'arcs cambiformes. Des massifs de L^2 à la périphérie. Les deux massifs de liber primaire sont également très reconnaissables (fig. 67).

Cet axe hypocotylé se confond ordinairement avec la racine principale. Parfois cependant il prend un grand accroissement secondaire et se tubérise. Cette tubérisation résulte d'une production abondante de parenchyme secondaire à l'intérieur de la zone cambiale.

III. PLANTE ADULTE.

La tige principale, après avoir hiverné, continue son évolution au printemps suivant. J'ai étudié un individu qui mesurait environ 1 mètre et qui portait vingt-huit feuilles plus les bractées de l'inflorescence. A partir du nœud 13, les bourgeons se trouvant à l'aisselle des feuilles étaient développés et produisaient des tiges axillaires ordinairement très fortes, dressées et terminées par une inflorescence.

Cette plante a été étudiée aux niveaux suivants :

Axe hypocotylé. A la fin de la deuxième année, la zone génératrice citée plus haut a produit une large zone de B^2, celui-ci

composé de vaisseaux entremêlés de fibres à parois épaissies. Ces fibres et ces vaisseaux sont disposés en files radiales séparées par du tissu fondamental interfasciculaire à parois minces. Le parenchyme cortical est décortiqué et à la surface se trouve une couche subéreuse (fig. 68).

Base de la tige. Une coupe transversale faite au milieu de l'entre-nœud 7 offre la structure suivante :

Quarante-trois faisceaux de dimension variable, les uns complètement individualisés comme foliaires, les autres destinés à se diviser.

Une zone circulaire de bois secondaire, comprenant le quart du diamètre total, a été engendrée par une zone continue de cambium; les massifs de liber sont accompagnés d'un petit nombre de fibres sclérifiées; la surface est subérifiée. Ce niveau est semblable à celui décrit et figuré dans le *D. Ajacis.*

Milieu de la tige. Entre-nœud 20 : Le diamètre de la coupe est le même que celui de l'entre-nœud 7. Quarante-sept faisceaux individualisés, ne renfermant que très peu de bois secondaire (voir parcours, fig. 69).

Inflorescence. Quatrième segment de l'inflorescence : Diamètre de la coupe, un tiers de celui de l'entre-nœud 20. Les faisceaux, au nombre de trente-trois, ont les mêmes caractères que ceux décrits précédemment.

Parcours des faisceaux dans l'ensemble de la tige. Le parcours des faisceaux est le même que dans le *D. Ajacis;* le nombre des faisceaux est d'ailleurs sensiblement le même aussi dans les deux plantes. Toutes les feuilles reçoivent uniformément trois faisceaux et les bractées de l'inflorescence un seul faisceau. L'individu qui nous occupe était dextre. Il a été coupé depuis le nœud cotylédonaire jusqu'à l'inflorescence, ce qui a permis de constater que le groupe B contenait dix-sept faisceaux, tandis que les trois autres groupes n'en contenaient que neuf, dix ou treize (fig. 72).

Les divergences foliaires sur la pousse de seconde année sont les suivantes :

Feuille 19		Divergence moyenne : 137° 24′, soit très sensiblement $^5/_8$.
	> 140°	
Feuille 20		
	> 133°	
Feuille 21		
	> 140°	
Feuille 22		
	> 140°	
Feuille 23		
	> 134°	
Feuille 24		

Histologie de la tige. L'histologie de la tige du *D. Staphysagria* diffère à peine de celle du *D. Ajacis;* toutefois :

1° La moelle ne se résorbe pas et persiste dans toute la plante;

2° Les massifs de fibres sclérifiées qui accompagnent le liber dans la partie moyenne et la partie supérieure de la tige sont plus allongés radialement;

3° Le tissu fondamental externe n'est pas sclérifié;

4° L'épiderme porte une grande quantité de poils tous unicellulaires, les uns effilés, les autres ventrus à leur base. Ces derniers sont très nombreux et persistants sur toute l'étendue de la tige.

Histologiquement, la tige du *D. Staphysagria* se distingue donc de celle du *D. Ajacis* et du *D. consolida* par la présence de poils ventrus très nombreux, par l'allongement radial des massifs de fibres sclérifiées adjacents au liber et par l'absence de cavité médullaire.

Histologie des feuilles. Le pétiole, très long, mesure en moyenne 25 centimètres de longueur. Nervation palmée, présentant sept lobes principaux profondément découpés; limbe mesurant 1 décimètre de haut sur 2 décimètres de largeur. Vers le milieu, le pétiole est fistuleux, sa section transversale quadrangulaire aux angles arrondis, contient sept faisceaux, dont quatre plus gros occupant les angles. Faisceaux, mêmes caractères que ceux de la tige (fig. 73).

Vers le milieu du limbe, une coupe transversale montre (fig. 74) :

Épiderme à cuticule lisse, stomates très nombreux à la face externe ou inférieure, formés comme dans le *D. Ajacis* et *D. consolida* de deux cellules de bordure au niveau de la surface. Vues de face, les cellules épidermiques présentent des contours sinueux. Poils de deux sortes, les uns unicellulaires, droits, effilés; les autres ventrus à leur base contenant du protoplasme granuleux et un noyau.

Le mésophylle contient une seule couche de cellules en palissade mesurant $0^{mm},02$ et un parenchyme spongieux lacuneux, $0^{mm},375$; grands méats.

A l'extrémité de chaque dent du limbe se trouve une glande à eau sous l'épiderme supérieur. Cette glande est munie d'un ou deux stomates aquifères semblables à ceux décrits pour le *D. Ajacis*.

QUATRIÈME PARTIE.

DELPHINIUM ELATUM.

L'embryon, logé dans l'angle supérieur de la graine, mesure, en moyenne, $0^{mm},99$ de longueur sur $0^{mm},40$ de largeur. Cette espèce vivace a été étudiée aux stades suivants :

STADE II.

CARACTÈRES EXTÉRIEURS.

Au stade II (correspondant au stade II du *D. Ajacis*), l'axe hypocotylé du *D. elatum* mesure, dans les conditions normales de végétation, 1 centimètre au maximum; les pétioles cotylédonaires très longs, au contraire, mesurent en moyenne 3 centimètres; à leur base ils sont concrescents sur une longueur de 1 centimètre. En faisant germer des graines à l'obscurité, on peut obtenir des axes hypocotylés plus longs mesurant 3 centimètres et les pétioles cotylédonaires peuvent atteindre alors 5 centimètres.

STRUCTURE.

A. *Milieu de l'axe hypocotylé.* Même structure que dans le *D. Ajacis.*

B. *Région d'insertion des cotylédons.* Cette insertion dans le *D. elatum* est la même que dans le *D. Ajacis;* ce qui diffère, c'est l'étendue de la région de contact, les premiers éléments centrifuges apparaissant $^1/_2$ millimètre environ en dessous du nœud cotylédonaire.

Le niveau correspondant à la figure 14 qui se trouvait à 3 milli-

mètres en dessous du nœud cotylédonaire dans le *D. Ajacis*, se retrouve, dans le *D. elatum*, à cinq ou six coupes seulement en dessous de la sortie des faisceaux cotylédonaires ; en outre, le nombre des éléments ligneux, tant centripètes que centrifuges, est moindre ici que dans le *D. Ajacis*. Dans des plantules développées à l'obscurité, l'axe hypocotylé avait pris un allongement notablement plus grand ; cependant j'ai constaté dans ces plantules que la région de contact ne s'était pour ainsi dire pas allongée : elle était toujours notablement plus courte que dans les *D. Ajacis*, *consolida* et *Staphysagria*.

STADE III.

CARACTÈRES EXTÉRIEURS (fig. 75).

Les trois premières feuilles sont visibles extérieurement ; l'axe hypocotylé, presque entièrement aérien, commence à se rider transversalement à la surface. La partie inférieure sous terre ne mesure que 2 à 3 millimètres seulement.

STRUCTURE.

A. Milieu de l'axe hypocotylé.

Faisceau bipolaire : les zones cambiales ont produit des lames de bois secondaire plus ou moins découpées au lieu des massifs continus ; le péricycle s'est recloisonné de façon à donner naissance à deux zones de cambiforme reliant les arcs cambiaux (fig. 85).

B. Nœud cotylédonaire.

Les quatre faisceaux réparateurs A, B, C, D, sont moins bien séparés que dans les autres *Delphinium* avant la sortie des faisceaux cotylédonaires. Les faisceaux A et D restent simples tan-

dis que les faisceaux B et C se divisent au-dessus du nœud cotylédonaire.

Dans le *D. elatum*, la section du premier entre-nœud de la tige ne renferme que huit faisceaux, tandis qu'au même niveau des *D. Ajacis, consolida* et *Staphysagria*, il y en a vingt et un ou vingt-trois. Les faisceaux latéraux ne sont jamais, à part quelques exceptions, fournis par les réparateurs voisins du médian, mais par les réparateurs les plus éloignés, de sorte qu'il y a croisement des sortants latéraux d'un nœud à l'autre, comme dans le *Ranunculus arvensis* (figures 79, 80, 81). Des anastomoses s'observent dans la moitié supérieure des nœuds. Toutes les feuilles, à partir de la feuille 1, reçoivent trois faisceaux (LML), excepté les bractées supérieures (fig. 82). Les feuilles s'insèrent tout autour de la tige par une base engainante qui se rétrécit plus haut en un pétiole (fig. 86). Les angles de divergence foliaire, mesurés sur une spire dextre, ont été trouvés les suivants :

Cot. *a*		
	> 160°	
Cot. *p*		
	> 90°	
Feuille ^{1}		
	> 175°	
Feuille ^{2}		
	> 136°	
Feuille ^{3}		Divergence
	> 150°	moyenne :
Feuille ^{4}		$^3/_8$.
	> 138°	
Feuille ^{5}		
	> 153°	
Feuille ^{6}		
	> 158°	
Feuille ^{7}		
	> 152°	
Feuille ^{8}		

STADE IV.

Plantule à la fin de la première année.

CARACTÈRES EXTÉRIEURS (fig. 76).

A la fin de la première année, les plantules du *D. elatum* sont beaucoup moins fortes que celles du *D. Staphysagria*; elles ont développé une douzaine de feuilles, dont les premières n'existent

plus; le bourgeon terminal n'est pas protégé par des feuilles périulaires. L'axe hypocotylé et les six premiers segments de la tige sont enfoncés dans le sol.

Des bourgeons axillaires sont déjà très apparents aux nœuds 3, 4 et 5. Ils restent longtemps latents et ne se développent que pour remplacer la tige principale qui aura fleuri dans le cours de la seconde année.

OBSERVATIONS BIOLOGIQUES.

Nous venons de signaler qu'au stade III l'axe hypocotylé était presque entièrement aérien, tandis qu'au stade IV il est complètement enterré avec les six premiers segments caulinaires. Par des observations faites avec soin j'ai constaté que des axes hypocotylés normalement développés, qui portaient le nœud cotylédonaire à 1 centimètre et demi au-dessous du sol, se sont enfoncés en terre au point que le nœud cotylédonaire à été ramené au niveau du sol ; six semaines ont suffi pour arriver à ce résultat. Le mécanisme de cet enfoncement doit être recherché dans la contraction longitudinale de la racine principale. Des expériences de plasmolyse résumées dans le tableau suivant le démontrent d'une façon évidente.

La plantule représentée par la figure 77 a servi de sujet. L'axe hypocotylé a été isolé et la racine principale partagée en quatre tronçons. Ces cinq parties ont été successivement déposées dans de l'eau, dans une solution de nitrate de potasse, puis finalement dans de l'eau encore. La longueur de ces parties a été chaque fois mesurée très exactement (1).

(1) Il n'est pas aisé d'obtenir la longueur exacte de petits fragments courbés et plus ou moins tortueux dont la forme change par l'action de l'eau et des liquides plasmolysants. Le procédé suivant, qui m'a été indiqué par M. le professeur Gravis, lève toutes les difficultés : après l'avoir exposé pendant un certain temps à l'action d'un réactif, l'objet est dessiné à la chambre claire, au grossissement de 10 diamètres; les dessins sont ensuite mesurés au moyen d'une sorte de curvimètre et les longueurs trouvées sont divisées par dix.

Nos des portions (voir figure 77).	Au sortir du sol faiblement humide. 1.	Après 3 heures dans l'eau distillée. 2.	Après 20 heures dans l'eau distillée. 3.	Après 4 heures dans nitrate de potasse à 10 %. 4.	Après 3 heures dans nitrate de potasse saturé. 5.	Après 20 heures dans nitrate de potasse saturé. 6.	Allongement dans la solution saline. 7.	Après 4 h. dans nitrate de potasse de 10 %. 8.	Après 4 heures dans l'eau distillée. 9.	Après 20 heures dans l'eau distillée. 10.	Raccourcissement dans l'eau. 11.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm		mm	mm	mm	
1 axe hypoc.	4,75	4,75	4,7	4,7	4,7	4,75	Pas de changement sensible.	4,75	4,75	4,7	Pas de changement sensible
2	11,75	11,5	11,3	11,4	11,6	11,7	3,5 %	11,6	11,5	11,5	1,8 %
3	11,2	11,2	11,05	11,3	11,45	11,45	3,48 %	11,4	11,2	11,1	3,15 %
4	8,5	8,45	8,3	8,4	8,55	8,5	2,35 %	8,5	8,35	8,4	1,17 %
5	10,9	11,5	11,2	11,1	11,2	11,25					

Les objets, au sortir du sol faiblement humide, ont été maintenus dans l'eau un temps suffisant pour leur faire prendre toute la turgescence dont ils étaient capables. Soit *l* la longueur de l'objet à ce moment (voir 3e colonne du tableau). L'action du KNO^3 a été ensuite graduée et suffisamment prolongée pour produire tout son effet. La longueur est alors devenue L (voir 6e colonne). La différence L-*l* a été calculée en pour cent et cette valeur a été inscrite dans la 7e colonne. On a opéré de même pour le raccourcissement dans l'eau distillée dont la valeur a été inscrite dans la 11e colonne.

D'après ce tableau on voit que la longueur de l'axe hypocotylé est restée sensiblement constante; la racine principale, hormis sa portion la plus jeune (portion n° 5), se raccourcit par une augmentation de turgescence et s'allonge par une diminution de turgescence. De ces propriétés résultent la contraction longitudinale de la racine et l'enfoncement de la plantule.

Dans les *D. Ajacis, consolida* et *Staphysagria*, espèces annuelles et bisannuelles, l'axe hypocotylé s'enterre également mais le nœud cotylédonaire reste au niveau du sol.

STADE V.

Plante durant la seconde année.

CARACTÈRES EXTÉRIEURS (fig. 78).

Nour venons de faire connaître, au stade IV, la plante à la fin de la première année. La tige principale passe l'hiver et au printemps suivant continue son développement. Les individus, à la fin de la seconde année, ne sont pas tous également développés, les uns fleurissent les autres ne fleurissent pas. Une plante florifère, à la fin de la seconde année, mesure environ 60 centimètres de hauteur, et porte de dix-huit à vingt feuilles, plus les bractées de l'inflorescence. Ajoutons que parmis les individus de semis, il y a des tiges dextres et des tiges sénestres.

STRUCTURE.

Nous allons considérer plus particulièrement une plante vigoureuse. Dans sa tige principale, on peut distinguer deux régions :

1° Une région souterraine, correspondant à la pousse de la première année; elle a perdu ses feuilles et s'est enfoncée par la contraction des racines; elle mesure une longueur de 3 $^1/_2$ centimètres et renferme dix à onze segments avec bourgeon axillaire développé aux nœuds 1, 2, 3, 9, 10 et 11.

2° Une région aérienne florifère correspondant à la pousse de la deuxième année; elle compte 8 ou 9 segments. Nous ferons observer que dans cet individu dextre, le groupe B de la partie aérienne comprend six faisceaux tandis que les groupes A, C et D n'en contiennent que deux ou trois (parcours, fig. 87).

Nous nous bornerons à indiquer les caractères histologiques.

A. *Axe hypocotylé* (fig. 88). Le centre correspond à la partie décrite au stade de la plantule à la fin de la première année. A la fin de la deuxième année, la zone génératrice est en partie cambiale et en partie cambiforme. Les massifs de B^2, composés de vaisseaux entremêlés de fibres à parois épaisses, sont séparés

par un tissu parenchymateux abondant engendré par le cambiforme. Parenchyme cortical décortiqué à la surface du suber.

B. *Partie inférieure souterraine de la tige.* Une coupe transversale pratiquée dans l'entre-nœud 2, à la base de la tige principale, montre sept faisceaux composés de bois primaire et de bois secondaire formant de longues traînées radiales. Les sept zones cambiales sont réunies par autant de ponts de cambiforme qui ont produit entre les faisceaux du parenchyme secondaire, tant vers l'extérieur que vers l'intérieur, le parenchyme interne étant beaucoup plus développé que l'externe. Une décortication s'est produite par suite de ce commencement de tubérisation.

C. *Partie aérienne.* A mesure qu'on approche de la partie aérienne les productions secondaires diminuent et la tige comprend un plus grand nombre de faisceaux; ceux-ci ne sont pas réunis latéralement par leurs productions secondaires.

Une coupe transversale faite dans l'entre-nœud 13 nous montre :

Une douzaine de faisceaux parmi lesquels on distingue parfaitement la trace foliaire. Chaque faisceau est composé de bois primaire (trachées entremêlées de fibres à parois minces) et de bois secondaire peu développé (vaisseaux entremêlés de fibres à parois épaissies); zone cambiale et liber. Contre celui-ci, un massif de fibres sclérifiées. Les faisceaux constituant la trace foliaire contiennent peu de bois secondaire. Au centre de la tige, une petite lacune. Vers l'extérieur, tissu fondamental primaire externe et l'épiderme portant des poils simples, droits et effilés.

STADE VI.

Plante adulte.

CARACTÈRES EXTÉRIEURS DE LA TIGE.

Quand la partie aérienne de la tige principale, que nous venons de décrire au stade V, a fructifié, elle se détruit. Les bourgeons axillaires se trouvant sur la partie souterraine hivernent et au

printemps suivant se développent pour donner naissance à des tiges que nous appellerons tiges primaires. Ces dernières développent elles-mêmes des bourgeons qui donneront naissance, l'année suivante, à de nouvelles tiges semblables. La plante se ramifie donc par la base, de sorte qu'il en résulte des touffes serrées. Toutes les portions souterraines de ces tiges s'épaississent, persistent pendant plusieurs années et finissent par se détruire graduellement. Il n'existe donc ni rhizome ni drageon : la touffe est cespiteuse.

Le *D. elatum* adulte atteint une grande taille : une tige primaire récoltée au Jardin botanique le 17 juin 1894, mesurait une hauteur de $2^{m},30$ et portait cinquante-quatre feuilles plus les bractées de l'inflorescence; cette dernière mesurait 80 centimètres de longueur.

Nous avons constaté que les tiges d'une même souche sont les unes dextres les autres sénestres.

STRUCTURE DE LA TIGE.

A. *Région souterraine* (fig. 89). La section mesure 15 millimètres de diamètre. Au centre, une moelle abondante occupant les deux tiers du diamètre total; quatre-vingts faisceaux disposés en six groupes. Ceux-ci sont délimités par les faisceaux médians des cinq feuilles prochaines. Le bois secondaire réunit tous les faisceaux d'un même groupe; il est composé de vaisseaux et de fibres à parois épaissies; zone de cambium; liber surmonté d'un massif de fibres fortement sclérifiées. Après la sortie d'un faisceau foliaire médian, les deux groupes réparateurs voisins s'anastomosent pour se diviser ensuite en deux groupes séparés par un nouveau foliaire médian.

B. *Milieu de la tige* (au niveau où les feuilles sont les plus développées): soixante-cinq faisceaux parfaitement individualisés. Le parcours a été étudié dans trois segments consécutifs. Dans cette région, les faisceaux marchent parallèlement; à chaque nœud la feuille reçoit trois faisceaux; quelques anastomoses en ogive au-dessus des sortants (fig. 83, parcours).

Une coupe transversale faite dans un entre-nœud de cette région fournit les caractères suivants (fig. 90) : Le diamètre de la coupe mesure 10 millimètres; la moelle a complètement disparu, laissant au centre une cavité comprenant plus des deux tiers du diamètre total. La constitution des faisceaux est à peu près la même que celle décrite et figurée pour le *D. Ajacis*.

C. *Inflorescence* (fig. 91). A chaque nœud, un seul faisceau se rend dans la bractée. L'insertion des faisceaux gemmaires n'offre ici rien de particulier : elle se fait de la même manière que celle décrite pour le *D. Ajacis*.

Quant à l'histologie, elle diffère peu de celle du milieu de la tige, à part que l'épiderme porte un grand nombre de poils tous unicellulaires, droits, effilés, ce qui donne à l'inflorescence un aspect velu.

CARACTÈRES EXTÉRIEURS DE LA FEUILLE.

La feuille est très developpée, palmée, présentant cinq lobes principaux ; ceux-ci assez profondément découpés. Ces découpures portent elles-mêmes de petites dents. La feuille est munie d'un pétiole qui mesure 2 décimètres. Le limbe mesure généralement 13 centimètres de longueur sur 18 centimètres de largeur.

STRUCTURE DE LA FEUILLE.

Toutes les feuilles indistinctement reçoivent trois faisceaux, excepté les bractées de l'inflorescence qui en reçoivent un seul.

La divergence foliaire moyenne est de 136° 20′, soit sensiblement $^3/_8$.

Milieu du pétiole. Fistuleux, forme triangulaire aux angles arrondis. Vingt-deux faisceaux dont trois gros occupant les angles, les autres de dimensions variables (fig. 92). Les faisceaux ont les mêmes caractères que ceux de la tige.

Milieu du limbe (fig. 84). Épiderme à cuticule lisse, stomates

nombreux à la face externe ou inférieure seulement, cellules stomatiques au niveau de la surface et surmontées de deux replis saillants de la cuticule. Vu de face, l'épiderme présente des cellules à contour sinueux ; les stomates du type *Ranunculus* sont sans cellules annexes. Poils unicellulaires, simples, droits, effilés, se rencontrant aux deux faces. Pas de poils ventrus. Mésophylle nettement hétérogène. Une seule couche de cellules en palissade, longue de $0^{mm},043$. Parenchyme spongieux très lacuneux ; cellules irrégulières ; grands méats. Chlorophylle répartie dans tout le mésophylle. Pas de cristaux. A l'extrémité de chaque dent se trouve une glande à eau sous l'épiderme supérieur. Cette glande est ordinairement munie d'un ou deux stomates aquifères semblables à ceux décrits chez les *D. Ajacis*, *Staphysagria* et *consolida*.

RÉSUMÉ.

Les *Delphinium Ajacis, consolida, Staphysagria* et *elatum* possèdent un embryon mesurant de 0mm,9 à 1 millimètre de longueur sur 0mm,3 à 0mm,4 de largeur, logé dans l'angle supérieur de la graine ; l'albumen est abondant ; les cotylédons sont distants, c'est-à-dire séparés l'un de l'autre par une mince couche d'albumen ([1]).

Dans les premiers stades de la germination, un faisceau bipolaire à développement centripète se différencie dans toute l'étendue de l'axe hypocotylé. Au stade I, les pôles ligneux sont marqués par une seule trachée ; en même temps une trachée apparaît dans chacun des faisceaux cotylédonaires dont le développement ultérieur sera centrifuge. Les deux trachées de l'axe hypocotylé viennent en contact, en dessous du nœud cotylédonaire, avec les deux trachées cotylédonaires.

Au stade II, lorsque les cotylédons sont complètement développés et que les faisceaux des feuilles 1 et 2 sont différenciés, la région d'insertion comprend :

1° Le contact entre le bois centripète de l'axe hypocotylé et le bois centrifuge des faisceaux cotylédonaires depuis 4 millimètres en dessous du nœud cotylédonaire jusque dans le milieu des pétioles cotylédonaires (peut-être même dans tout le pétiole);

2° Le contact des faisceaux de la tige principale avec le faisceau de l'axe hypocotyté : ce contact se fait en dessous du nœud cotylédonaire.

Cette région d'insertion, telle qu'elle vient d'être résumée, se recontre dans les *D. Ajacis, consolida* et *Staphysagria*. Dans le *D. élatum*, elle est plus courte, les premiers éléments centrifuges apparaissent seulement un demi-millimètre en dessous du nœud cotylédonaire.

([1]) A.-P. de Candolle, dans sa monographie des Renonculacées du Prodrome, assigne un caractère semblable aux *Clématis* de la section *Flammula*, mais n'en fait pas mention pour le genre *Delphinium*.

Les faisceaux de la tige principale, dans les quatre *Delphinium* étudiés, débutent sous le nœud cotylédonaire par six faisceaux dont quatre réparateurs (A, B, C, D) et deux foliaires (M^1 et M^2) destinés aux feuilles 1 et 2.

Dans trois espèces, *D. Ajacis*, *consolida* et *Staphysagria*, les faisceaux réparateurs se divisent avant d'arriver dans le nœud cotylédonaire de façon qu'ils constituent quatre groupes à la sortie des faisceaux cotylédonaires.

Quant au parcours des faisceaux dans l'ensemble de la tige, il est sensiblement le même dans les espèces annuelles et bisannuelles. Dans toute l'étendue des entre-nœuds, les faisceaux marchent parallèlement. Aux nœuds, trois faisceaux se rendent dans les feuilles, excepté pour les *D. Ajacis* et *consolida* où la feuille 1 reçoit un ou deux faisceaux ; la feuille 2, deux ou trois faisceaux ; les autres feuilles dans le *D. Ajacis* reçoivent trois, quatre, cinq, et même six faisceaux. A la sortie des faisceaux foliaires, les autres faisceaux de la tige se divisent pour remplacer les faisceaux sortants.

Des anastamoses se produisent au-dessus de ces sortants, mais ne se présentent pas d'une façon constante à chaque nœud. La tige principale porte un nombre variable d'appendices suivant les individus. Considérée dans son ensemble, la tige présente cinq régions :

1° La région de l'axe hypocotylé ;

2° Une région dont les segments sont de plus en plus larges, ces segments portent des appendices de plus en plus développés ;

3° Une région dite à structure constante, dont les appendices sont également développés ; faisceaux de la tige en nombre sensiblement constant, trace foliaire à peu près la même dans tous les entre-nœuds ;

4° Une région dont les segments se simplifient : la largeur du segment, le nombre des faisceaux et le développement des appendices diminuent graduellement ;

5° L'inflorescence.

Dans le *D. élatum*, espèce vivace, on retrouve les mêmes régions, les deux premières sont souterraines, les trois autres

aériennes. Dans cette espèce, les quatre faisceaux réparateurs A, B, C, D ne sont pas divisés au niveau de la sortie des faisceaux cotylédonaires; ce n'est que vers le segment 9 (au-dessus du sol) que ces quatre réparateurs se divisent, formant quatre groupes analogues à ceux des *Delphinium* annuels et bisannuels. A la base de la tige, des anastomoses très fréquentes se produisent aux nœuds; les premiers nœuds sont très rapprochés.

Dans toute l'étendue du *D. elatum*, les feuilles reçoivent uniformément trois faisceaux, sauf les dernières bractées de l'inflorescence; à la base des tiges primaires, secondaires, etc., de cette plante, il y a des groupes réparateurs et non quatre faisceaux A, B, C, D.

Des individus adultes de *D. Ajacis, consolida, Staphysagria* et *elatum*, étudiés depuis le nœud cotylédonaire jusque l'inflorescence, ont permis de constater que l'un des groupes antérieurs, le groupe B, était plus divisé et comprenait par conséquent plus de faisceaux que les autres, quand la spire phylotaxique était dextre; au contraire c'était le groupe A qui comprenait le plus de faisceaux quand la plante était sénestre.

Les quatre espèces citées plus haut renferment des individus dextres et des individus sénestres.

Histologiquement, le *D. consolida* se distingue du *D. Ajacis* en ce que tous ses tissus sont plus fortement sclérifiés : tout se colore en jaune par le chlorure de zinc iodé, sauf l'hypoderme et le liber.

Les tiges du *D. Staphysagria* se distinguent de celles des *D. Ajacis* et *consolida* par la présence de poils ventrus si nombreux, par l'allongement radial des massifs de fibres sclérifiées adjacentes au liber et par l'absence de cavité médullaire.

Quant au *D. elatum*, la tige principale présente une partie souterraine qui tend à se tubériser, le Tf^2 se développe abondamment, le B^2 se développe et se dispose en minces lames radiales. Dans les tiges primaires de l'adulte, le nombre des faisceaux est considérable.

Tiges axillaires. Les bourgeons de la région inférieure des tiges aériennes restent latents, les autres se développent en

rameaux feuillés terminés par une inflorescence ; le nombre de ces dernières dépend de la vigueur de la plante. Les bourgeons de la portion souterraine et vivace du *D. elatum* ne se développent que la seconde année pour former les tiges de remplacement.

Les faisceaux du premier entre-nœud d'une tige axillaire proviennent de la ramification de deux faisceaux gemmaires qui, dans la tige mère, sont les plus voisins du faisceau foliaire médian ; à part quelques exceptions rencontrées dans le *D. Ajacis*, il n'y a donc généralement que deux faisceaux gemmaires.

Feuilles. Les appendices (cotylédons, feuilles et bractées) sont en nombre variable d'une tige à une autre et appartiennent à cinq catégories qui correspondent aux cinq régions distinguées dans les tiges. Le nombre des faisceaux foliaires sortant dans un appendice va d'abord croissant de 1 à 3, 4, 5 ou 6, puis il diminue pour se réduire à l'unité.

Cette complication et cette simplification successives des feuilles est évidemment en relation avec la structure de la tige principale qui va en se compliquant du bas jusque vers le milieu pour se simplifier ensuite.

Les feuilles sont insérées suivant une spire dextre ou sénestre. L'angle de divergence des premiers appendices varie considérablement. Dans la région moyenne de la tige, l'angle de divergence dans les espèces étudiées est sensiblement constant et mesure en moyenne 135°, soit $^3/_8$ de circonférence.

Dans les *Delphinium*, les feuilles reçoivent de un à six faisceaux, savoir : un médian, deux latéraux et un, deux ou rarement trois petits faisceaux intermédiaires; ces feuilles ne reçoivent jamais de la tige des faisceaux marginaux. Toutefois, dans le pétiole des *Delphinium* il existe deux faisceaux marginaux qui ne rentrent pas dans la tige mais qui se jettent sur les latéraux à la base du pétiole. Dans les *Thalictrum*, au contraire, M. Mansion a constaté l'existence de faisceaux marginaux nombreux passant de la tige à la feuille; on sait d'ailleurs que les *Thalictrum* ont des feuilles engainantes.

PLANCHES.

PLANCHE 1.

EXPLICATION DE LA PLANCHE I.

DELPHINIUM AJACIS L.

Embryon dans la graine.

Fig. 1. — Section longitudinale de la graine, montrant l'embryon dans l'albumen (texte p. 5).

Fig. 2. — Milieu de l'axe hypocotylé (p. 6).

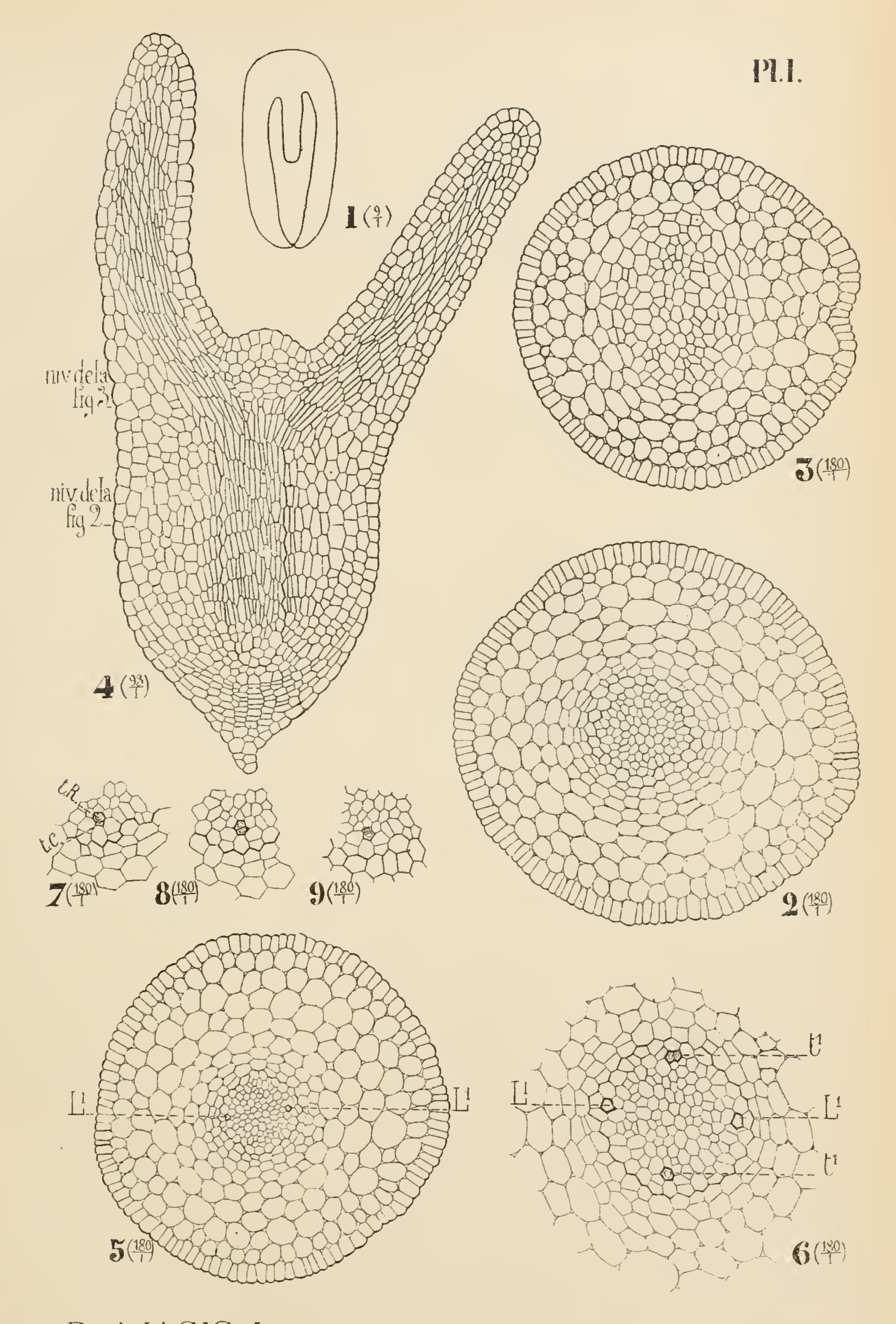
Fig. 3. — Région supérieure du même (p. 6).

Fig. 4. — Coupe longitudinale de l'embryon suivant le plan principal de symétrie (p. 7).

Stade I de la germination.

Fig. 5. — Milieu de l'axe hypocotylé (p. 8).

Fig. 6, 7, 8 et 9. — Région supérieure des cotylédons du même (p. 8).



D. AJACIS L. Fig. 1 à 4 : Embryon dans la graine.

C. Lenfant ad. nat. del. Fig. 5 à 9 : Stade I de la germination.

PLANCHE II.

d

EXPLICATION DE LA PLANCHE II.

DELPHINIUM AJACIS L.

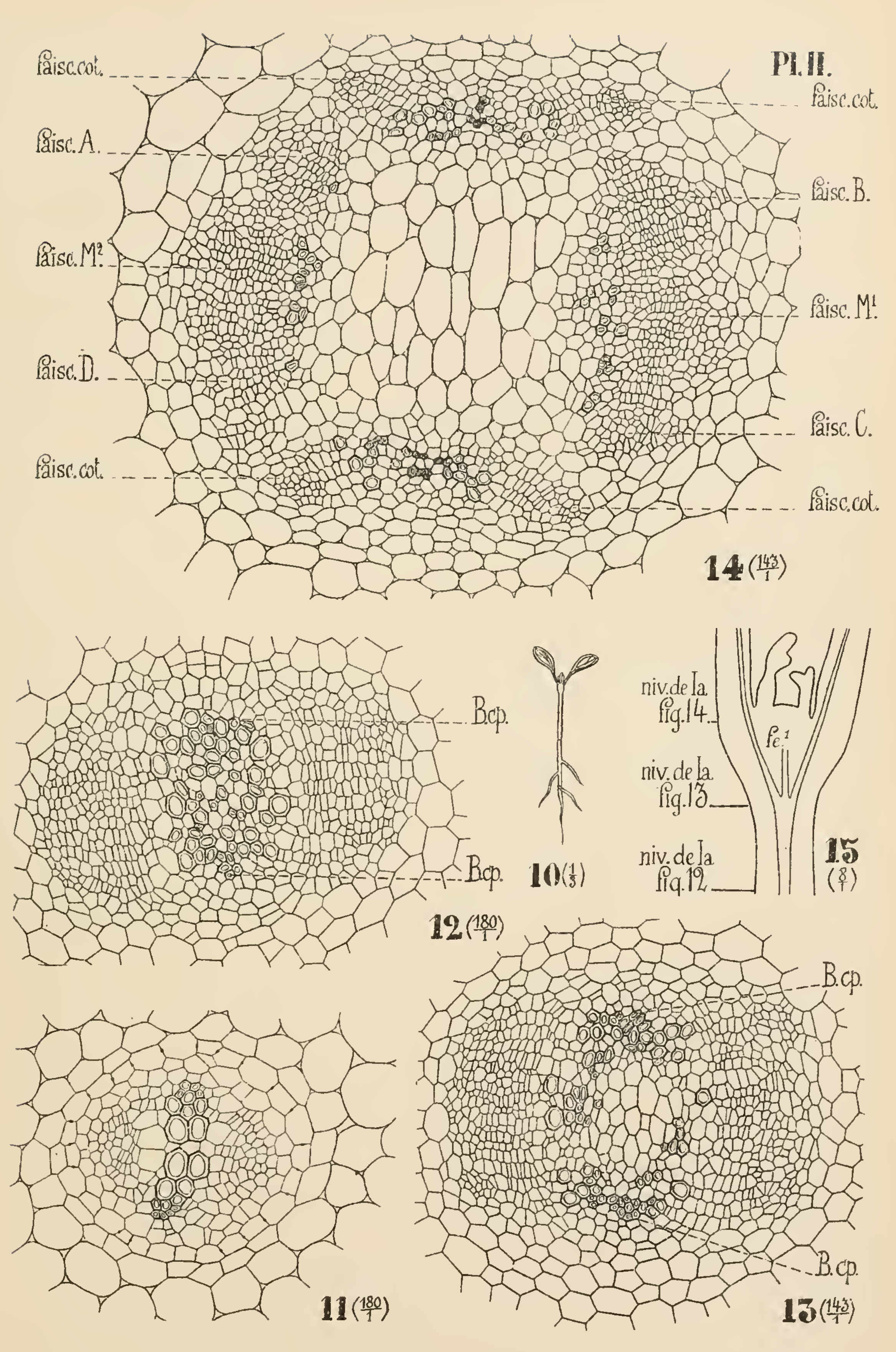
Stade II de la germination.

Fig. 10. — Plantule au deuxième stade de la germination (p. 9).

Fig. 11. — Milieu de l'axe hypocotylé (p. 9).

Fig. 12, 13 et 14. — Région d'insertion des cotylédons et de la tige principale du même, à partir de 4 millimètres sous le nœud cotylédonaire. Ces figures représentent trois niveaux choisis dans une série de coupes successives de manière à montrer le bois centripète (B. cp.) en contact avec les faisceaux cotylédonaires (faisc. cot.), ainsi que l'origine des faisceaux réparateurs A, B, C, D et des faisceaux foliaires M^1, M^2 (p. 10).

Fig. 15. — Coupe longitudinale de la partie supérieure d'une plantule semblable à celle de la figure 10 (p. 11).



D. AJACIS L. Fig. 10 à 15 : Stade II de la germination.

C. Lenfant ad. nat. del.



PLANCHE III.

EXPLICATION DE LA PLANCHE III.

DELPHINIUM AJACIS L.

Stade III de la germination.

Fig. 16. — Milieu de l'axe hypocotylé (p. 11).

Fig. 17, 18 et 19. — Coupes transversales à la base, au milieu et au sommet d'un pétiole cotylédonaire (p. 12).

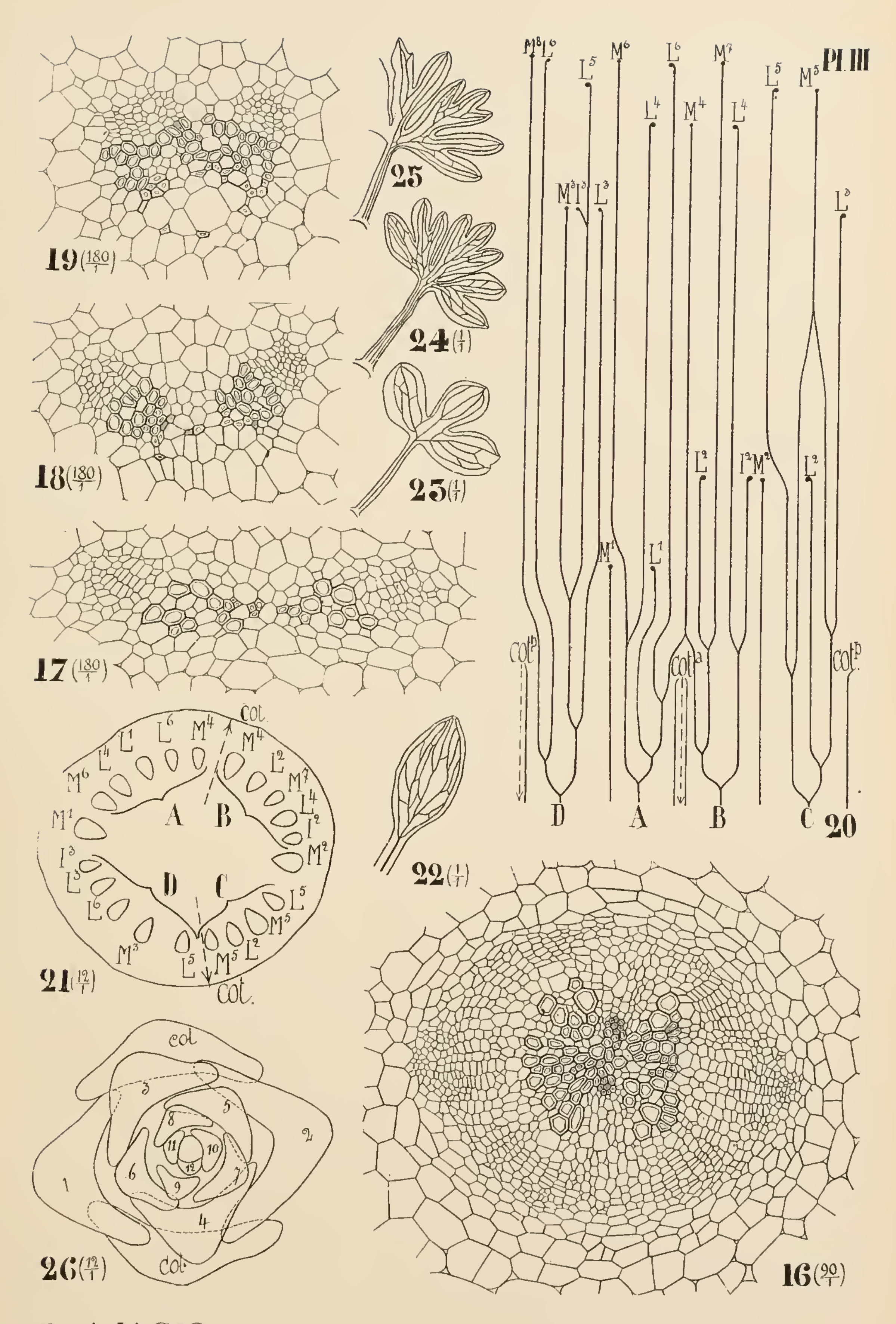
Fig. 20. — Parcours des faisceaux dans la tige principale (p. 12).

Fig. 21. — Coupe transversale de l'entre-nœud 1 (p. 12).

Fig. 22. — Cotylédon (p. 12).

Fig. 23, 24 et 25. — Feuille ^{1}, feuille ^{2}, feuille ^{3} (p. 13).

Fig. 26. — Coupe transversale d'ensemble dans le sommet végétatif. Disposition des appendices (p. 13).



D. AJACIS L. Fig. 16 à 26 : Stade III de la germination.

C. Lenfant ad. nat. del.

PLANCHE IV.

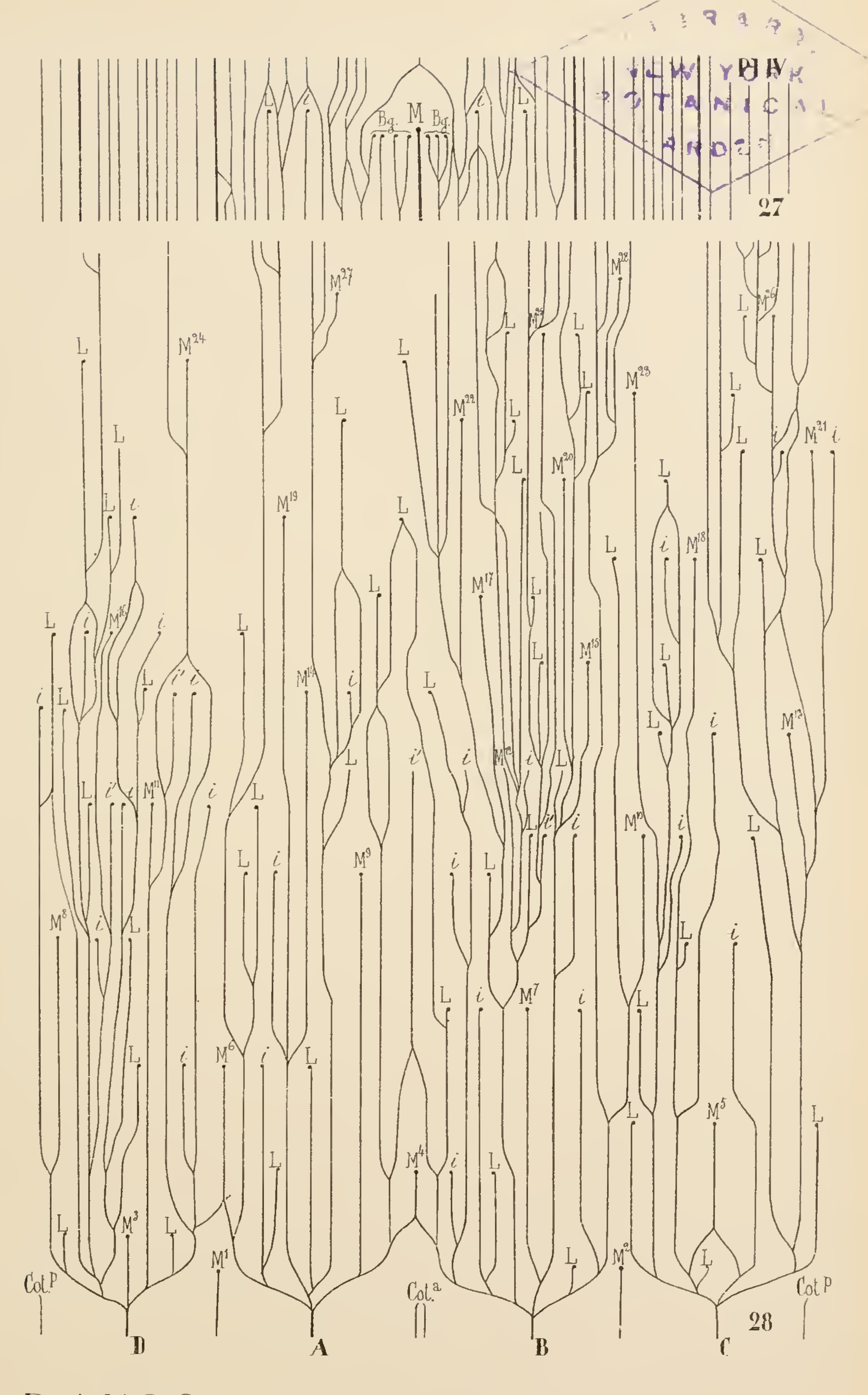
EXPLICATION DE LA PLANCHE IV.

DELPHINIUM AJACIS L.

Plante adulte. (Tige.)

Fig. 27. — Parcours des faisceaux dans un nœud (p. 15).

Fig. 28. — Parcours des faisceaux dans l'ensemble de la tige (p. 15).



D. AJACIS L. Fig. 27 et 28: Plante Adulte (Tige)

C. Lenfant ad. nat. del.

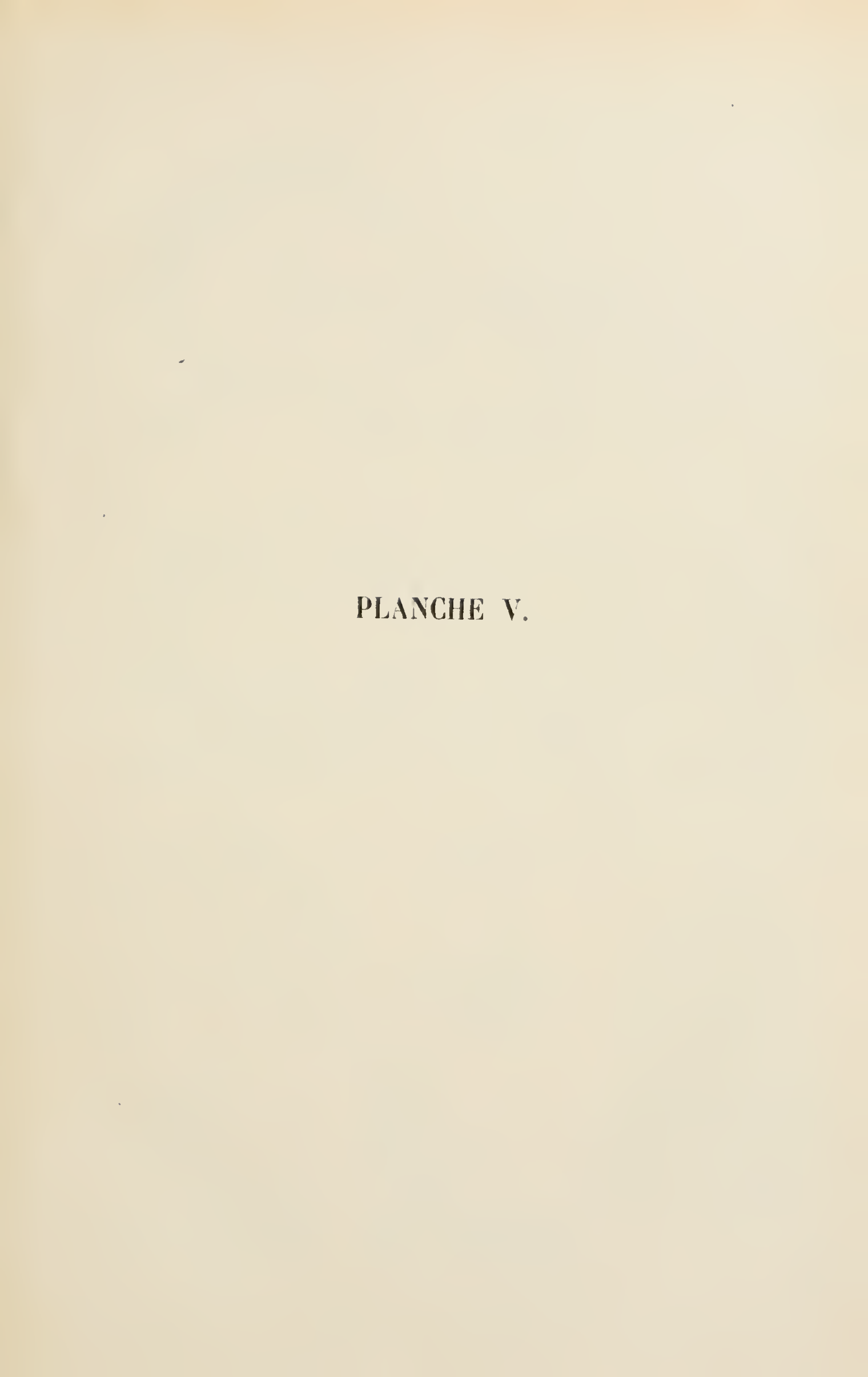


PLANCHE V.

EXPLICATION DE LA PLANCHE V.

DELPHINIUM AJACIS L.

Plante adulte. (Tige.)

Fig. 29 et 30. — Entre-nœud ^{13} d'une tige dextre et d'une tige sénestre montrant l'allure générale des groupes A, B, C, D (p. 16).

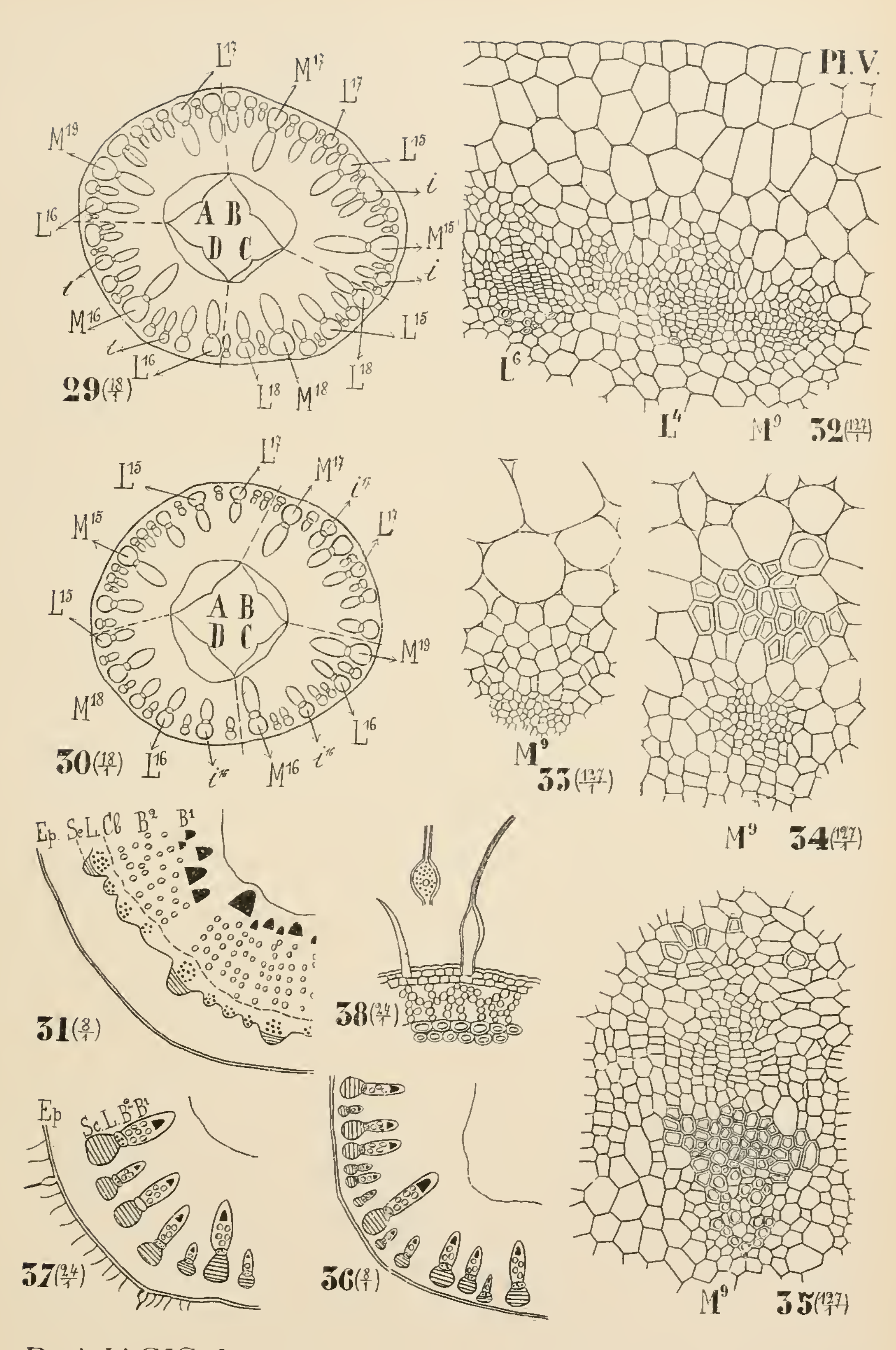
Fig. 31. — Coupe transversale pratiquée à la base de la tige principale (entre-nœud ^{2}) (p. 17).

Fig. 32, 33, 34 et 35. — Portions de coupes transversales dans l'entre-nœud ^{2}, provenant de plantules de plus en plus âgées montrant la différenciation progressive des tissus (p. 18).

Fig. 36. — Coupe transversale de l'entre-nœud ^{13} (comparer à la figure 31) (p. 18).

Fig. 37. — Coupe transversale dans l'axe de l'inflorescence (p. 19).

Fig. 38. — Poil (p. 19).



D. AJACIS L. Fig. 29 à 38 : Plante Adulte (Tige)

C. Lenfant ad. nat. del.

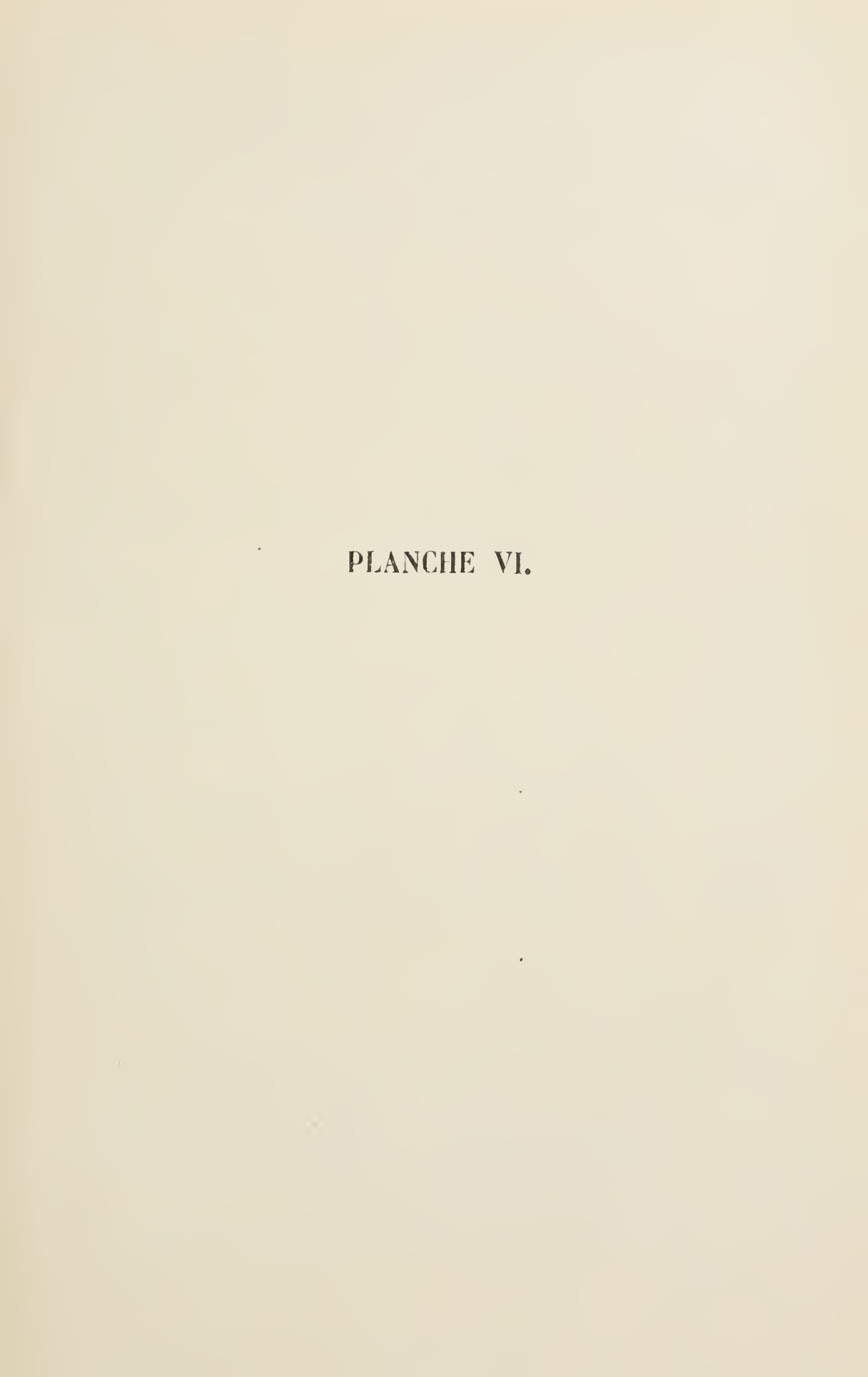


PLANCHE VI.

EXPLICATION DE LA PLANCHE VI.

DELPHINIUM AJACIS L.

Plante adulte. (Feuille.)

Fig. 39. — Feuille adulte (p. 20).

Fig. 40, 44 et 46. — Parcours des faisceaux dans le pétiole et dans la nervure médiane (pp. 22 et 23).

Fig. 41. — Coupe transversale à la base du pétiole (p. 22).

Fig. 42. — — sous la 1re ramification (p. 22).

Fig. 43. — — un centimètre au dessus (p. 23).

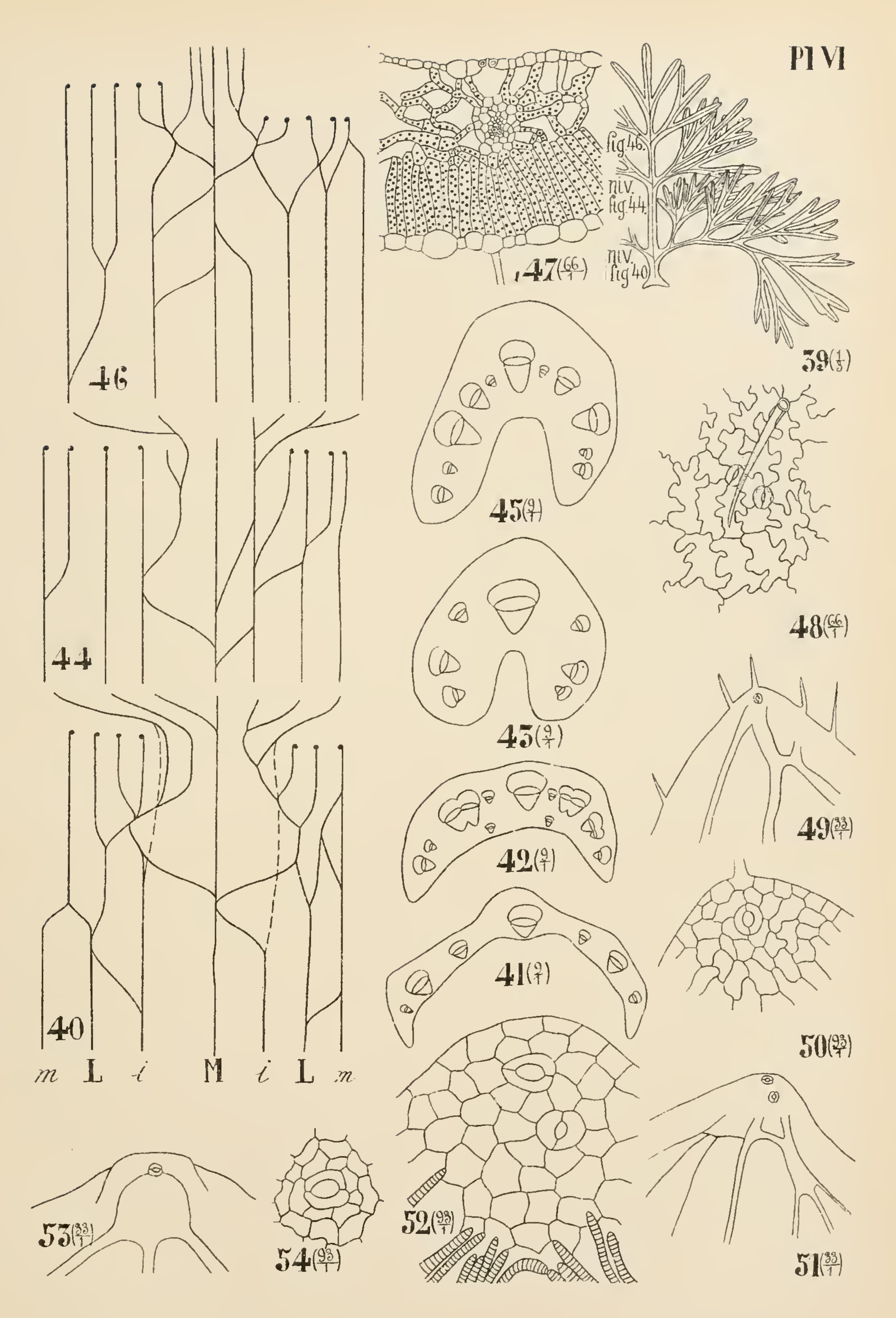
Fig. 45. — — sous la 2e ramification.

Fig. 47. — — dans l'un des lobes du limbe (p. 23).

Fig. 48. — Épiderme vu de face avec stomates et poil (p. 23).

Fig. 49, 51 et 53. — Sommets de divers lobes foliaires montrant les nervures qui aboutissent à une glande à eau (p. 23).

Fig. 50, 52 et 54. — Stomates aquifères de ces glandes à eau. (Ces figures correspondent respectivement aux trois précédentes) (p. 23).



D. AJACIS L. Fig. 39 à 54: Plante Adulte (Feuille).

C. Lenfant ad. nat. del.



PLANCHE VII.

EXPLICATION DE LA PLANCHE VII.

DELPHINIUM AJACIS L.

Plantules à 3 cotylédons.

Fig. 55. — Coupe transversale montrant deux faisceaux cotylédonaires se rendant normalement dans l'un des cotylédons, les deux autres faisceaux cotylédonaires se séparant pour se rendre dans les deux autres cotylédons (2e cas) (p. 25).

Fig. 56. — Plantule à 3 cotylédons égaux et parfaitement séparés (3e cas) (p. 25).

Fig. 57. — Coupe transversale au milieu de l'axe hypocotylé de la plantule précédente (p. 25).

Fig. 58. — Disposition phylotaxique des feuilles de la même plantule.

DELPHINIUM CONSOLIDA L.

Fig. 60. — Histologie de la tige dans la région du faisceau M^{13} (entrenœud ^{13}) (p. 26).

Fig. 61. — Les tissus périphériques de la coupe précédente grossis davantage (p. 26).

Fig. 64. — Coupe transversale dans le limbe de la feuille (p. 27).

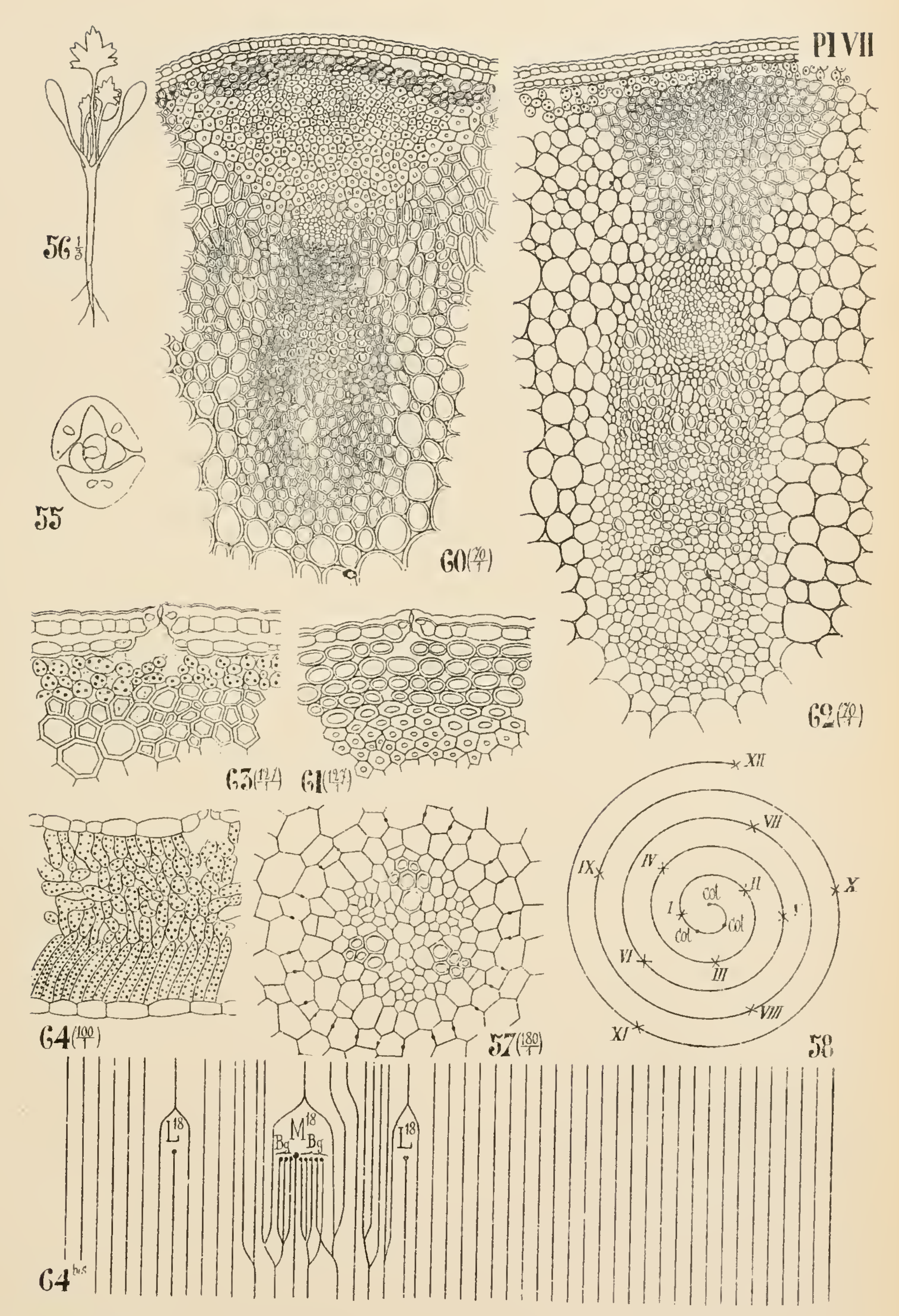
DELPHINIUM AJACIS L.

Fig. 62. — Histologie de la tige dans la région du faisceau M^{13} (entrenœud ^{13}) (p. 26).

Fig. 63. — Les tissus périphériques de la coupe précédente grossis davantage (p. 26).

DELPHINIUM STAPHYSAGRIA L.

Fig. 64 bis. — Parcours des faisceaux dans un nœud.



D. AJACIS L. Fig. 55 à 58: Plantule à trois cotyledons.

Fig. 62 et 63: Histologie de la tige.

D. CONSOLIDA L. Fig. 60, 61 et 64: Histologie de la tige et de la feuille.

D. STAPHYSAGRIA. Fig. 64 bis. Parcours.

C. Lenfant ad nat. del.



PLANCHE VIII.

EXPLICATION DE LA PLANCHE VIII.

DELPHINIUM CONSOLIDA L.

Fig. 59. — Coupe transversale dans l'entre-nœud [15] montrant l'allure générale des groupe A, B, C, D (p. 26).

DELPHINIUM STAPHYSAGRIA L.

Stade III.

Fig. 65. — Figure représentant la disposition phylotaxique des feuilles (p. 28).

Fig. 66. — Coupe transversale d'ensemble dans le sommet végétatif. Disposition des appendices (p. 28).

Plantule à la fin de la première année.

Fig. 67. — Milieu de l'axe hypocotylé (p. 29).

Plante adulte.

Fig. 68. — Milieu de l'axe hypocotylé (p. 30).

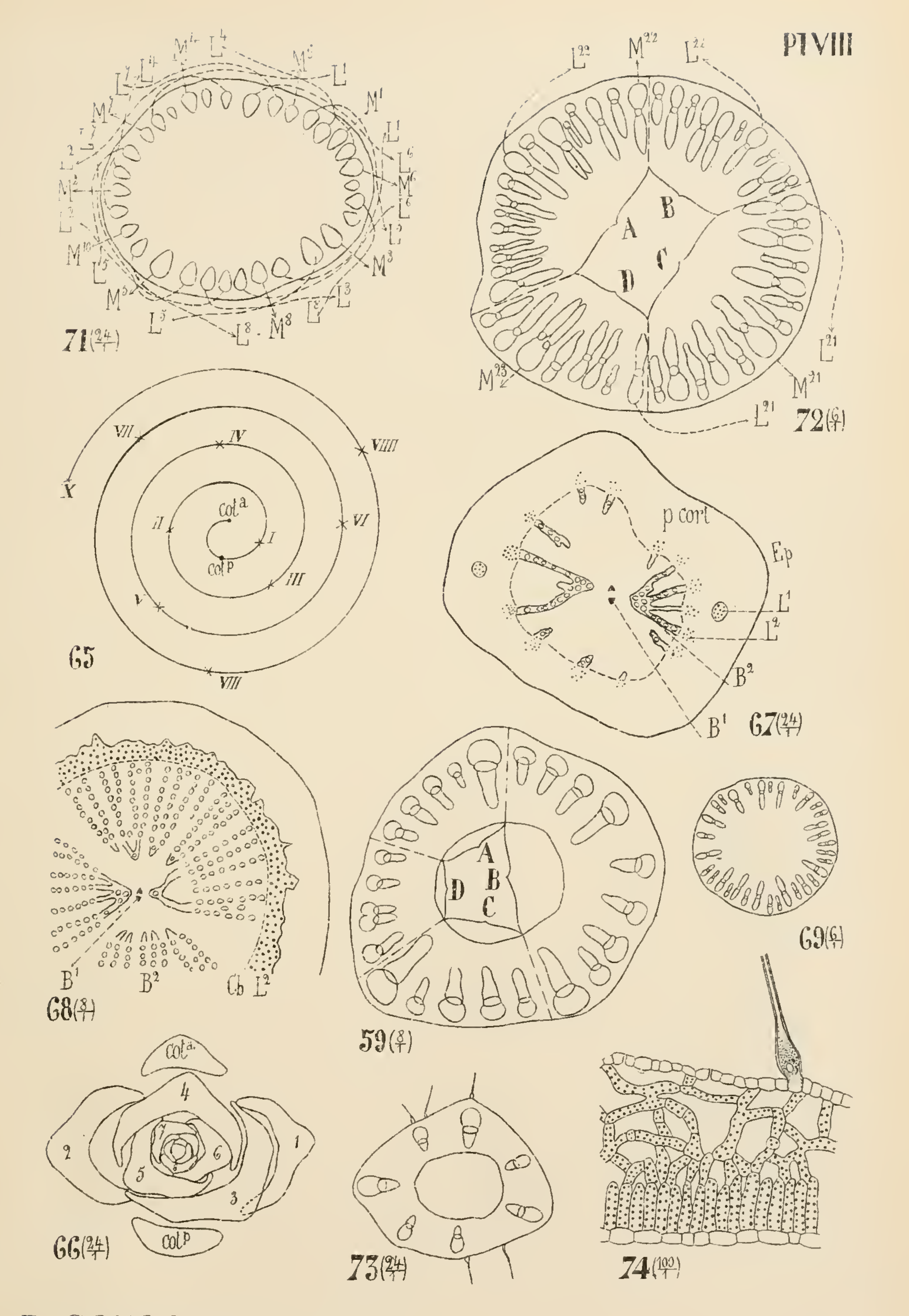
Fig. 69. — Quatrième segment de l'inflorescence (p. 30).

Fig. 71. — Projection schématique des dix premiers segments.

Fig. 72. — Coupe transversale de l'entre-nœud [21], montrant l'allure générale des groupes A, B, C, D (p. 30).

Fig. 73. — Coupe transversale au milieu du pétiole (p. 31).

Fig. 74. — Coupe transversale dans le limbe (p. 32).



D. CONSOLIDA L. Fig. 59.

D. STAPHYSAGRIA L. Fig. 65 et 66: Stade III de la germination.

C. Lenfant ad. nat. del

Fig. 67: Plantule à la fin de la 1ère année.

Fig. 68 à 74: Plante Adulte.

PLANCHE IX.

EXPLICATION DE LA PLANCHE IX.

DELPHINIUM STAPHYSAGRIA L.

Fig. 70. — Parcours des faisceaux dans l'ensemble de la tige.

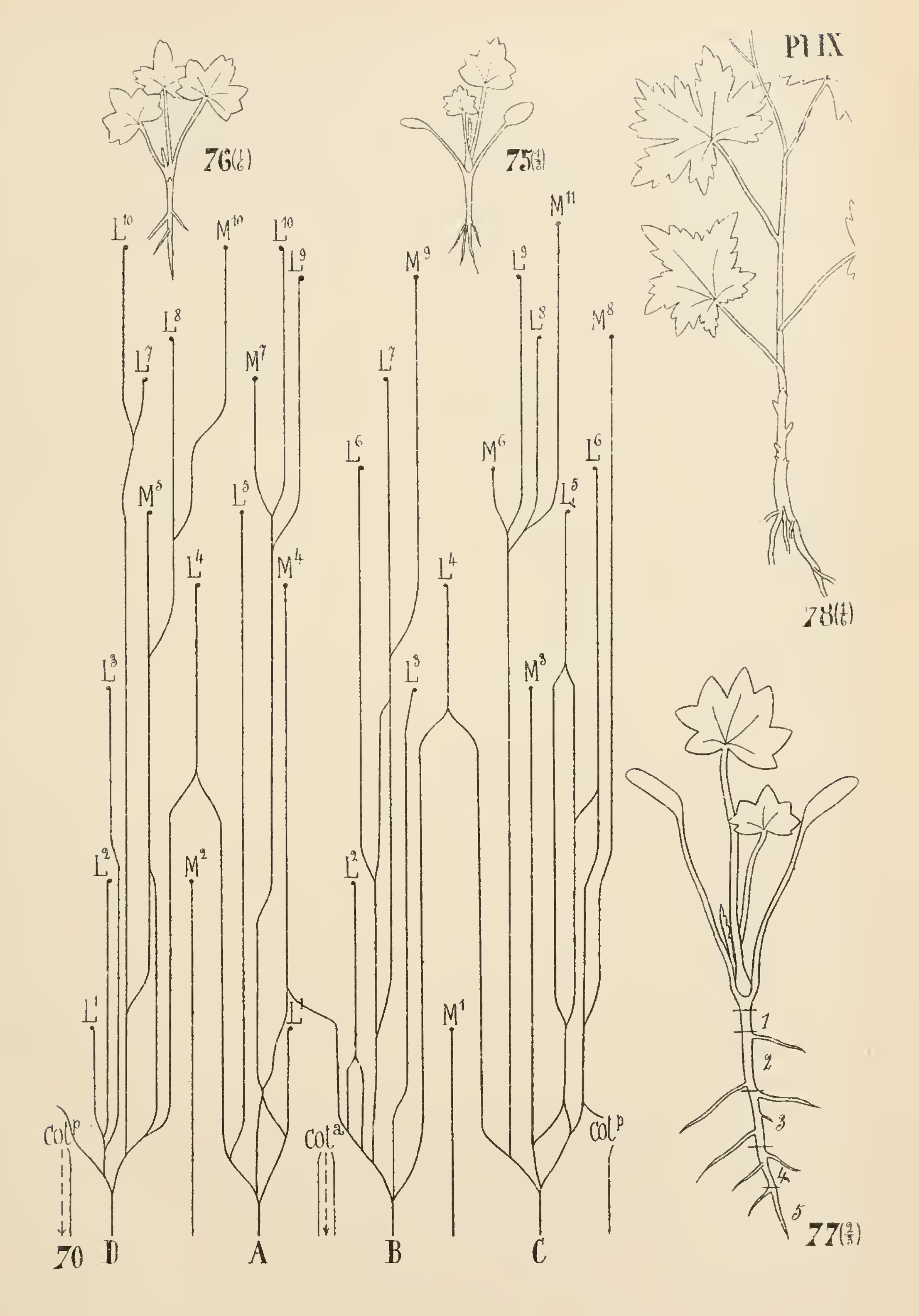
DELPHINIUM ELATUM L.

Fig. 75. — Plantule au stade III (p. 34).

Fig. 76. — Plantule à la fin de la première année (p. 35).

Fig. 77. — Plantule ayant servi aux observations biologiques (p. 36).

Fig. 78. — Plantule durant la deuxième année (p. 38).



D. STAPHYSAGRIA L. Fig. 70.

D. ELATUM L. Fig. 75-78: Plantules

C. Lenfant ad nat. del.

PLANCHE X.

EXPLICATION DE LA PLANCHE X.

DELPHINIUM ELATUM L.

Fig. 79. — Section de l'entre-nœud ^{1} montrant les faisceaux qui se rendent aux cinq premières feuilles (p. 35).

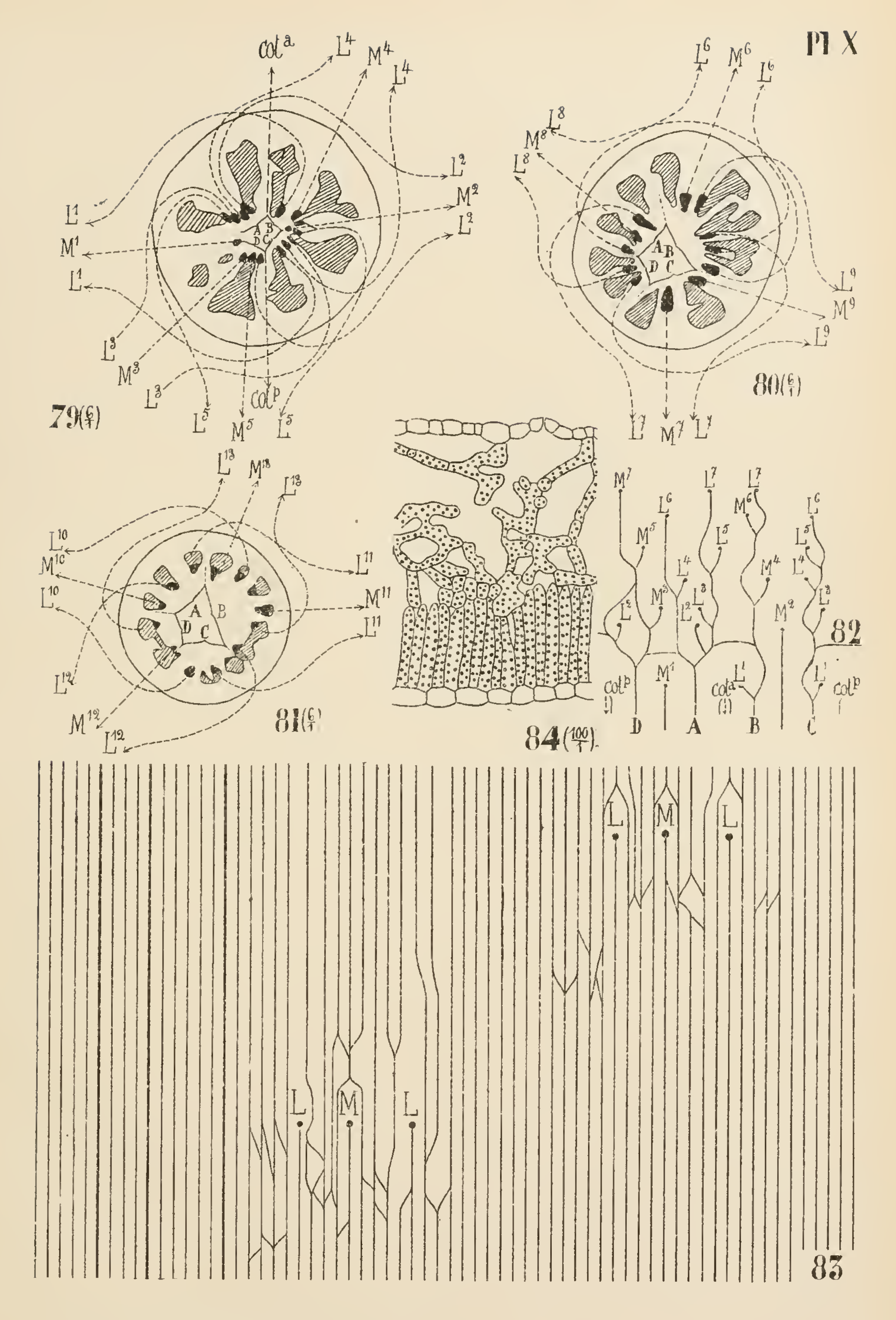
Fig. 80. — Section de l'entre-nœud ^{6} montrant les faisceaux qui se rendent aux feuilles 6, 7, 8 et 9 (p. 35).

Fig. 81. — Section de l'entre-nœud ^{10} montrant les faisceaux qui se rendent aux feuilles 10, 11, 12 et 13. Dans ces figures le B^1 est représenté en noir et le B^2 par des hachures (p. 35).

Fig. 82. — Parcours des faisceaux dans une plantule au stade III (p. 35).

Fig. 83. — Parcours des faisceaux dans deux nœuds consécutifs d'une tige primaire adulte (p. 40).

Fig. 84. — Coupe dans le limbe (p. 41).



D. ELATUM L. Fig. 79 à 84.

C. Lenfant ad. nat. del.


PLANCHE XI.

EXPLICATION DE LA PLANCHE XI.

DELPHINIUM ELATUM L.

Fig. 85. — Milieu de l'axe hypocotylé (p. 34).

Fig. 86. — Coupe transversale d'ensemble dans le sommet végétatif. (Concrescence des pétioles cotylédonaires) (p. 35.)

Fig. 87. — Parcours des faisceaux dans l'ensemble de la tige durant la deuxième année (p. 38)

Fig. 88. — L'axe hypocotylé durant la deuxième année (fig. 38); à comparer à la figure 85, en tenant compte des différences de grossissement.

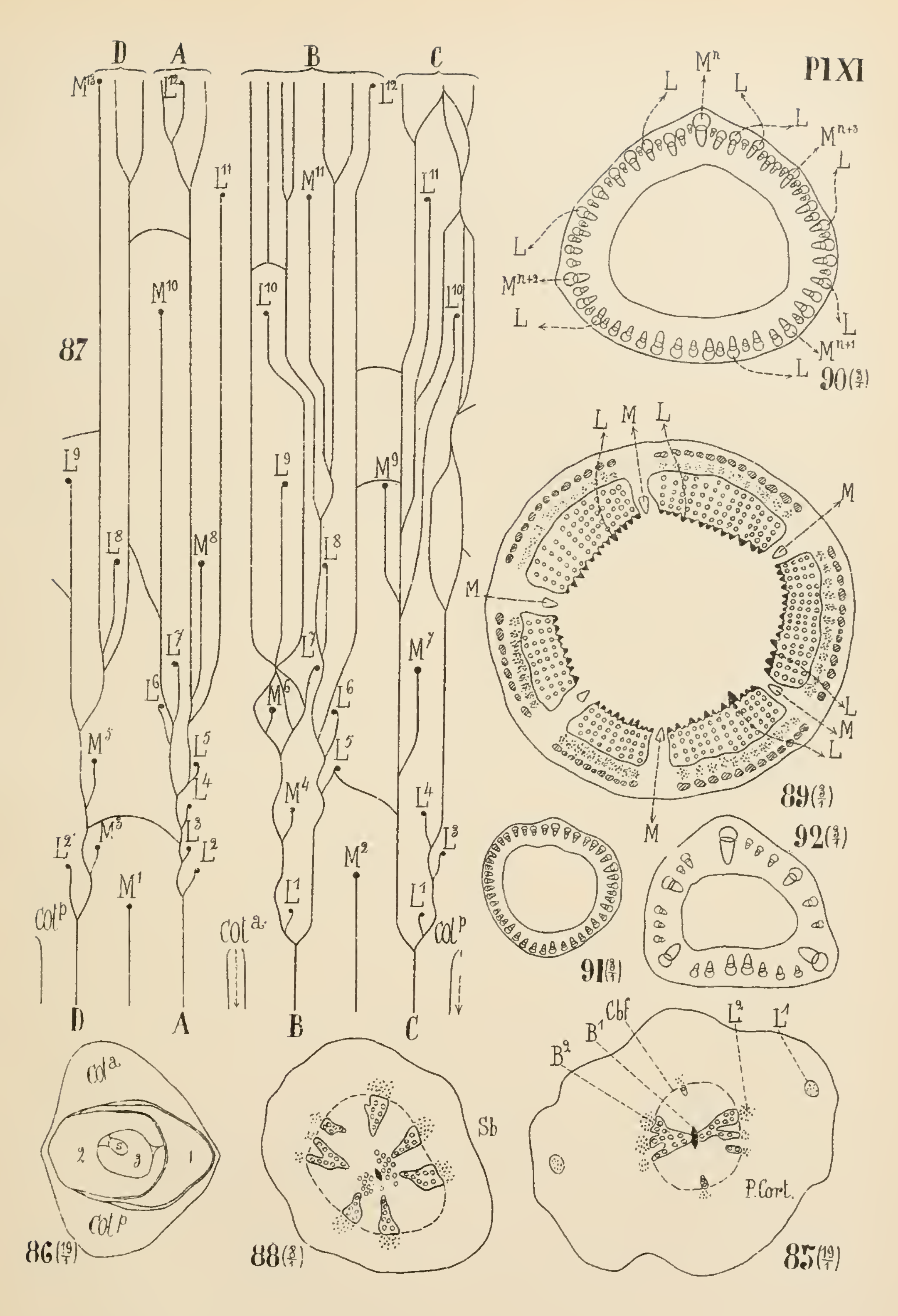
Plante adulte.

Fig. 89. — Coupe transversale dans la région souterraine de la tige primaire adulte (p. 40).

Fig. 90. — Coupe transversale de la région aérienne de la même tige (p. 41).

Fig. 91. — Inflorescence de la même tige (p. 41).

Fig. 92. — Coupe transversale au milieu du pétiole (p. 41).



D. ELATUM L. Fig. 85 à 92

C. Lenfant ad nat. del.

TABLE DES MATIÈRES.

TROISIÈME PARTIE.

DELPHINIUM STAPHYSAGRIA L.

QUATRIÈME PARTIE.

DELPHINIUM ELATUM L.

CONTRIBUTION

À

L'ANATOMIE DES RENONCULACÉES

LE GENRE *THALICTRUM*

PAR

A. MANSION

DOCTEUR EN SCIENCES NATURELLES,
PROFESSEUR A L'ATHÉNÉE ROYAL D'ATH

INTRODUCTION

Le genre *Thalictrum* a fait l'objet d'un certain nombre de travaux, tant au point de vue de l'anatomie qu'à celui de la systématique.

En 1861, M. C.-V. Gernet (1) a étudié la structure de la tige et de la racine du *Thalictrum flavum*. Il a cru reconnaître dans le groupement et dans la composition des faisceaux de la tige une certaine analogie avec les monocotylées. Dans la racine, au contraire, il a retrouvé le type général de l'organisation des dicotylées. L'auteur n'a étudié que des individus d'âge et de taille moyens, principalement des rhizomes.

La structure si spéciale des racines de *Thalictrum* a été élucidée par M. C.-Eg. Bertrand dans sa *Théorie du Faisceau* (2). M. L. Olivier (3) est revenu sur ce point et a indiqué quelques

(1) *Xylologische Studien : Ueber die Structurverhältnisse des Stengels von* Thalictrum flavum. (Bulletin de la Société des naturalistes de Moscou, t. XXIV, 1re partie, pp. 432-452, 1861.)

(2) *Bulletin scientifique du département du Nord*, 2e série, 3e année (1880), nos 2, 3 et 4.

(3) *Recherches sur l'appareil tégumentaire des racines.* (Ann. sc. nat., 6e série, t. XI, 1881.)

particularités que présente la racine chez les Renonculacées.

M. J. Costantin (1) a comparé la structure de la tige souterraine du *T. minus* à celle de la tige aérienne de la même plante.

En 1884, M. Albert Meyer (2) a fait des observations histologiques dans la racine et la tige adultes du *Thalictrum minus*.

En 1885, M. Paul Marié (3) a analysé les sections du genre *Thalictrum* en examinant le plus grand nombre d'espèces qu'il lui a été possible d'obtenir. Dans chaque plante, il a décrit la structure des organes suivants : racine, rhizome, tige aérienne, pédicelle floral, pétiole, limbe. Toutefois, dans ce travail, comme dans les deux précédents, les descriptions ont été faites d'après quelques coupes seulement : l'ensemble de l'organisation a été négligé.

La même année, M. J.-L. Lecoyer (4), dans une monographie du genre *Thalictrum*, s'est occupé principalement des poils et des akènes au point de vue de la détermination spécifique. On trouve cependant dans ce mémoire quelques renseignements organographiques.

M. G. Bonnier (5) a exposé quelques considérations sur le

(1) *Étude comparée des tiges aériennes et souterraines des Dicotylédones.* (Ann. sc. nat., 6e série, t. XVI, 1883.)

(2) *Beiträge zur vergleichenden Anatomie der Ranunculaceen.* (Inaugural-Dissertation zur Erlangung der Doctorwürde, von A. Meyer.) Marburg, Universitäts-Buchdruckerei (R. Friedrich), 1884.

(3) *Recherches sur la structure des Renonculacées.* (Ann. sc. nat., 6e série, Botanique, t. XX, 1885.)

(4) *Monographie du genre* Thalictrum. (Bulletin de la Société royale de botanique de Belgique, t. XXIV, pp. 78-326, 1885.)

(5) *Observations sur les Renonculacées de la flore de France,* dans la Revue générale de botanique, t. I, nos 6 et suiv., 1889.

développement sympodique du rhizome chez les *Thalictrum* de France, sur la germination de leurs graines, ainsi que sur certaines particularités de la structure de leurs racines et de leurs tiges.

Le présent travail consiste en une étude du genre *Thalictrum* au point de vue de l'anatomie générale, de façon à compléter les données déjà acquises. Il est destiné à faire suite aux recherches de M. Nihoul sur le *Ranunculus arvensis* (¹) et à celles de M. Lenfant sur les *Delphinium* (²).

Le genre *Thalictrum*, très homogène, semble réaliser, dans ses représentants, le maximum de complication anatomique de la famille des Renonculacées. Le *Thalictrum flavum* L., plante indigène, a été choisi comme type.

L'étude de l'embryon et des organes végétatifs a été faite aussi complètement et aussi consciencieusement que possible, en appliquant les méthodes les plus modernes et les plus précises.

Les variations étendues que présente la structure du type qui fait l'objet de ce mémoire ont nécessité la description de nombreuses régions anatomiques. L'exposé analytique s'est ainsi trouvé fort étendu. Aussi j'ai cru devoir apporter un soin tout spécial au résumé final. Le lecteur y trouvera une synthèse aussi complète et aussi concise que possible.

Mes recherches ont été faites au laboratoire de l'Institut bota-

(¹) *Contribution à l'étude anatomique des Renonculacées :* Ranunculus arvensis. (*Mémoires* in-4° publiés par l'Académie royale des sciences de Belgique, t. LII, 1891.)

(²) *Contribution à l'anatomie des Renonculacées : le genre* Delphinium, dans les Mémoires de la Société royale des sciences de Liége, 2ᵉ série, t. XIX, 1897.

nique de l'Université de Liége. Je suis heureux de pouvoir remercier ici publiquement M. le professeur A. Gravis, qui, après m'avoir engagé à entreprendre ce travail, n'a cessé de me prodiguer ses conseils et a bien voulu contrôler mes résultats.

CONTRIBUTION

À

L'ANATOMIE DES RENONCULACÉES

THALICTRUM FLAVUM L.

CHAPITRE PREMIER.

EMBRYON DANS LA GRAINE.

CARACTÈRES EXTÉRIEURS.

Le fruit du *Thalictrum flavum* est un akène légèrement comprimé latéralement et marqué de côtes sur ses deux faces. Il est terminé par un bec stylaire bien visible. Dans l'angle supérieur pointu de l'akène, au milieu d'un albumen abondant et dur, se trouve un embryon droit, extrêmement petit ($0^{mm},4$ de longueur sur $0^{mm},2$ de largeur).

Coupes transversales.

A. *Milieu de l'axe hypocotylé* (fig. 1).

On y trouve de l'extérieur vers l'intérieur :

1. *L'épiderme* (Ep.), formé de cellules assez allongées dans le sens radial, limité extérieurement par une cuticule très mince.

2. *Le parenchyme cortical*, constitué par 5-7 assises de cellules

méatiques, à l'exception des deux couches profondes. L'assise extérieure est formée de cellules un peu plus petites, presque isodiamétriques. Les suivantes diminuent de largeur à mesure qu'on se rapproche du centre.

L'assise la plus profonde (End.) est un endoderme dont les éléments sont dans une alternance parfaite avec ceux qui leur sont immédiatement sous-jacents. Cet endoderme ne présente pas encore de plissements sur les parois radiales.

3. *Le cylindre central*, délimité par un péricycle assez net; celui-ci est une assise de cellules un peu plus grandes que les autres, alternant avec les éléments voisins. Le reste du massif est constitué par des éléments procambiaux.

Le diamètre du cylindre, qui comprend une dizaine de cellules, équivaut à peu près au tiers du diamètre total de la section.

B. *Région d'insertion des cotylédons.*

Une coupe pratiquée à la base du nœud cotylédonaire (fig. 2) montre la même structure avec les différences suivantes :

1° *Le parenchyme cortical* est moins épais et constitué par 4-5 assises de cellules;

2° *Le cylindre central* s'est élargi; deux cordons procambiaux s'en détachent, l'un en avant, l'autre en arrière. Ce sont les faisceaux cotylédonaires, situés dans le plan principal de symétrie, à égale distance du centre et des bords de la coupe.

Au niveau de leur sortie dans les cotylédons (fig. 3), les deux faisceaux procambiaux ne sont plus séparés de l'épiderme que par 1-2 assises de cellules. Entre les deux cotylédons, on aperçoit des cellules polygonales, sans méats, qui appartiennent au méristème primitif générateur de la tige principale.

Plus haut encore, la section transversale, pratiquée vers le milieu des cotylédons (fig. 4), montre à peine les faisceaux cotylédonaires faiblement indiqués.

Coupe longitudinale.

La coupe longitudinale de l'embryon, suivant son plan de symétrie principal, résume et complète ce qu'on vient d'observer sur les coupes transversales. On y retrouve (fig. 5) :

A. *Milieu de l'axe hypocotylé.*

1° *L'épiderme ;*

2° *Le parenchyme cortical* dont les couches sont formées de cellules de plus en plus étroites à mesure qu'elles sont plus profondes ;

3° *Le cylindre central,* formé d'éléments très étroits, allongés dans le sens de l'axe.

B. *Région d'insertion des cotylédons.*

Dans cette région, on voit insérés obliquement, sur le cylindre central de l'axe hypocotylé, les deux faisceaux qui sortent dans les cotylédons où ils sont peu marqués et ne s'y prolongent que jusque vers le milieu.

Le méristème primitif avec ses cellules polyédriques, isodiamétriques, occupe le sommet de l'axe hypocotylé. Il est recouvert par le dermatogène qui est en continuité directe avec l'épiderme des cotylédons.

C. *Région inférieure de l'axe hypocotylé.*

1° *La coiffe* est formée par des cloisonnements tangentiels de l'épiderme. A l'extrémité se trouvent des traces du suspenseur.

2° *Le parenchyme cortical* est engendré par deux cellules initiales qui se comportent différemment. L'extérieure donne naissance à une seule assise de cellules située sous l'épiderme. L'intérieure donne naissance, par des cloisonnements tangentiels, à 4 ou 5 assises cellulaires.

3° *Le cylindre central* est terminé inférieurement par quelques cellules initiales, destinées à engendrer plus tard le faisceau de la racine principale.

CHAPITRE II.

DÉVELOPPEMENT DE L'APPAREIL VÉGÉTATIF.

Ce développement a été étudié à cinq stades depuis le début de la germination jusqu'à la fin de la deuxième année.

STADE I.

CARACTÈRES EXTÉRIEURS.

Début de la germination; la portion de la radicule sortie de la graine mesure 2 millimètres de longueur.

STRUCTURE.

Coupes transversales.

A. *Milieu de l'axe hypocotylé* (fig. 6).

Diffère peu du niveau correspondant dans l'embryon.

Le cylindre central s'est agrandi et ses cellules se sont subdivisées de façon à devenir près de trois fois plus nombreuses. De plus, aux extrémités du diamètre perpendiculaire au plan de symétrie, on observe quelques éléments différenciés marquant les deux pôles libériens (L^1).

B. *Région d'insertion des cotylédons.*

La coupe pratiquée à la base du nœud cotylédonaire (fig. 7) montre, outre les deux pôles libériens comme ci-dessus, deux pôles ligneux, l'un antérieur, l'autre postérieur, marqués l'un et l'autre par une trachée séparée de l'endoderme par deux rangs de cellules péricycliques. La différenciation de ces trachées se

faisant de haut en bas, elles ne sont pas encore visibles sur la coupe pratiquée au milieu de l'axe hypocotylé. Dans la figure 7, les deux pôles ligneux de l'axe hypocotylé sont désignés par t. R., parce qu'ils sont aussi les deux pôles de la racine principale qui se développera par la suite.

A un niveau un peu plus élevé (fig. 8), les trachées t. R. sont en contact avec les trachées t. C., qui sont les trachées polaires des faisceaux cotylédonaires.

Un peu plus haut encore (fig. 9), les trachées t. C. existent seules. Elles se prolongent dans la nervure médiane de chaque cotylédon, comme on le voit dans la figure 10.

Coupe longitudinale.

La coupe longitudinale représentée par la figure 11 est pratiquée dans une plantule arrivée à un stade intermédiaire au stade I et au stade II, au moment où chaque pôle ligneux de l'axe hypocotylé possède trois trachées différenciées en direction centripète (1.2.3. et 3.2.1.). On voit nettement le contact entre ces trachées et les trachées polaires centrifuges des faisceaux cotylédonaires (3.2.1. et 1.2.3.). On remarquera en outre que les trachées effectuant le contact sont courtes et à spires serrées.

STADE II.

CARACTÈRES EXTÉRIEURS.

Les cotylédons dégagés du péricarpe sont épigés et étalés, mais aucune trace de feuille n'est visible à l'œil nu. Il existe cependant déjà quelques petites feuilles qui, avec le sommet végétatif, sont cachées par les pétioles cotylédonaires très allongés (1 centimètre environ) (fig. 12).

L'axe hypocotylé (A. h.), reconnaissable à sa surface lisse (formée par l'épiderme), a une longueur de 2 à 3 centimètres et une épaisseur de 0mm,5 environ en son milieu.

La racine principale (R. p.), dont la surface est terne (constituée par l'assise pilifère), est environ de moitié plus courte que l'axe hypocotylé. Il n'y a pas encore de radicelles. Nous désignerons, avec M. Nihoul [1], sous le nom de « collet superficiel » le niveau où la surface change d'aspect (voir *col. sup.* dans la figure 12).

STRUCTURE.

Coupes transversales.

A. *Milieu de l'axe hypocotylé.*

1° *L'épiderme* porte des poils glanduleux peu abondants (fig. 13).

2° *Le parenchyme cortical méatique* comprend 6-7 assises circulaires de cellules arrondies. L'endoderme est reconnaissable à de légers plissements sur les cloisons radiales. Vu de face, cet endoderme montre ses cellules allongées, étroites et nettement plissées (fig. 14).

3° *Le cylindre central* (fig. 15) est un faisceau bipolaire arrivé au stade primaire dont les pôles ligneux se trouvent dans le plan principal de symétrie de la plantule. Les pôles ligneux cunéiformes se composent de dix à douze trachées. La partie centrale du faisceau non différenciée est formée d'une dizaine de cellules à parois minces, sans méats. A droite et à gauche, on trouve,

[1] *Loc. cit.*, p. 13 des tirés à part.

alternant avec les pôles ligneux, deux massifs libériens déjà bien développés. Pas de zones cambiales.

B. *Région d'insertion des cotylédons et de la tige principale.*

Dans la région supérieure de l'axe hypocotylé, à la base du nœud cotylédonaire, on remarque que le cylindre central est beaucoup plus important. Son diamètre s'allonge perpendiculairement au plan principal de symétrie, les deux massifs libériens étant ici beaucoup plus développés. Le bois centripète forme une lame médiane continue (t^1t^1), constituée par une dizaine de trachées séparées par des cellules non différenciées, à parois minces. A droite et à gauche de cette lame bipolaire de bois centripète, existe un large faisceau à bois centrifuge, vaguement divisé en trois lobes (fig. 16).

A un niveau un peu supérieur, les deux pôles ligneux centripètes écrasés (t^1t^1) se retrouvent difficilement, mais les faisceaux à bois centrifuge sont parfaitement distincts et circonscrivent une moelle véritable (fig. 17). Les faisceaux à bois centrifuge sont les quatre faisceaux cotylédonaires (qui doivent s'unir plus haut deux à deux), le faisceau médian de la feuille ^{1} (M^1) et le faisceau médian de la feuille ^{2} (M^2). Voyez figures 16 et 17.

A un niveau un peu supérieur encore, on assiste à la sortie des faisceaux cotylédonaires qui entraînent avec eux les pôles ligneux centripètes (fig. 18). Une moelle assez large existe au centre de l'organe, et autour de cette moelle se distinguent six faisceaux libéro-ligneux dont deux (M^1 et M^2) avec trachées différenciées. Ce sont les faisceaux médians de la feuille ^{1} et de la feuille ^{2}. En outre, il y a quatre faisceaux réparateurs A, B, C, D, au stade du procambium, moins accentué que dans le *Ranunculus arvensis.*

Une coupe pratiquée dans le bourgeon terminal (fig. 19) montre :

1° Une gaine constituée par la concrescence des pétioles cotylédonaires. On y remarque les deux faisceaux qui se rendent l'un dans le cotylédon antérieur, l'autre dans le cotylédon postérieur;

2° La feuille ^{1} et la feuille ^{2}, l'une à droite et l'autre à gauche, sensiblement opposées, possédant chacune trois faisceaux dont

un médian et deux latéraux. Mais, tandis que les trois faisceaux de la feuille [1] possèdent déjà des trachées différenciées, le médian seul dans la feuille [2] est arrivé au stade de différenciation libéro-ligneuse, les deux latéraux étant encore au stade procambial;

3° La section de la tige montrant l'ébauche de la feuille [3] et de la feuille [4].

C. *Racine principale.*

Une coupe transversale pratiquée dans la racine principale, un peu au-dessous du collet superficiel, montre :

1° *L'assise pilifère* dont il ne subsiste que des traces;

2° *Le parenchyme cortical* à cellules disposées en files radiales se terminant vers l'intérieur par l'endoderme. L'assise externe du parenchyme cortical (sous-pilifère) est constituée par de grandes cellules à parois plus épaissies et beaucoup plus résistantes que celles des autres assises qui se chiffonnent avec la plus grande facilité;

3° *Le faisceau* limité par un péricycle très net formé par une seule assise de grandes cellules. Les deux massifs ligneux cunéiformes se développent en direction centripète. Ils présentent de petits éléments vers l'extérieur et des cellules centrales de grand diamètre non différenciées. Deux massifs libériens alternent avec les pôles ligneux; on y reconnait facilement les cellules grillagées. Aucune zone cambiale n'est encore visible (fig. 20).

Les coupes successives prouvent que le faisceau bipolaire qui parcourt la racine principale dans toute son étendue n'est que le prolongement de celui que l'on observe dans l'axe hypocotylé.

Coupe longitudinale.

Vers le milieu de l'axe hypocotylé, une coupe longitudinale pratiquée suivant le plan de symétrie (fig. 21) montre que chaque pôle ligneux est occupé par une trachée spiro-annelée très étroite et très étirée. En dedans, de chaque côté, se trouvent deux trachées spiralées plus larges et très longues. Les trachées suivantes sont encore plus larges, plus courtes et à spiricules très serrées.

STADE III.

CARACTÈRES EXTÉRIEURS.

Trois petites feuilles sont visibles et deux autres sont encore cachées. Ces feuilles présentent quelques particularités de forme et de structure que nous ferons connaître plus loin.

Les cotylédons ont atteint leur maximum de développement et nous saisirons cette occasion pour faire connaître leur structure.

L'axe hypocotylé s'est notablement épaissi (2 millimètres environ de diamètre) ; sa surface, lisse au stade précédent, est maintenant fortement ridée transversalement (fig. 22 et 23).

La racine principale, également fort épaissie, présente une surface terne, brunâtre, marquée dans sa portion voisine du collet superficiel, de quelques plis à peine indiqués. Elle porte de nombreuses radicelles disposées alternativement à droite et à gauche, sur toute sa longueur.

STRUCTURE DE L'AXE HYPOCOTYLÉ.

A. *Milieu de l'axe hypocotylé* (fig. 24).

On rencontre une structure assez différente de celle qu'on y a observée au stade précédent :

1° *L'épiderme.*

2° *Le parenchyme cortical,* dont la majeure partie est détruite, présente trois assises seulement de cellules ayant conservé leur vitalité; ce sont : les assises sous-épidermique, sus-endodermique et endodermique. Les 4-5 assises intermédiaires sont mortes et ont été déchirées irrégulièrement. Une coupe longitudinale radiale (figure 25, à comparer à la figure 24) montre bien la surface ridée ainsi que les déchirures entre l'assise sous-épidermique et l'assise sus-endodermique. La figure suivante (fig. 26) donne le détail à un grossissement plus fort.

Sachs [1] a démontré l'existence d'une tension longitudinale dans le parenchyme cortical de l'axe hypocotylé du *Sinapis arvensis*. Qu'une déchirure longitudinale et annulaire se produise dans ce parenchyme cortical, les couches extérieures ainsi détachées auront toute liberté de s'allonger, c'est-à-dire de se rider, leur nutrition restant assurée par les deux extrémités supérieure et inférieure demeurées en contact avec les autres tissus. Les couches intérieures, au contraire (endoderme, péricycle, etc.), qui sont encore fixées au cylindre central, ne peuvent s'allonger de la même manière.

3° *L'endoderme*, dont les éléments considérablement accrus se sont recloisonnés radialement jusqu'à une dizaine de fois. Les parois des cellules primitives sont fortement épaissies, tandis que les cloisons nouvelles sont restées minces (fig. 24 et 26) [2]. Cet endoderme ne contient pas d'amidon, mais ses nombreux éléments renferment chacun un gros noyau granuleux et du protoplasme fortement coloré en jaune. La coupe longitudinale tangentielle montre dans chaque cellule endodermique que les recloisonnements dans le sens radial ont été accompagnés de recloisonnements dans le sens transversal (figure 27 à comparer à la figure 26).

4° *Le péricycle* a recloisonné tangentiellement ses éléments un grand nombre de fois.

5° *Le bois* (fig. 28) : Le bois primaire (B^1) se retrouve au centre de la coupe; le bois secondaire (B^2) est disposé en deux massifs constitués chacun par des vaisseaux rayés, comme on peut s'en assurer sur la coupe longitudinale.

6° *Le liber* : Les deux massifs de liber primaire (L^1), refoulés contre le péricycle recloisonné, sont plus ou moins écrasés; le liber secondaire (L^2), très développé, contient de grandes cellules

[1] *Physiologie végétale*. Traduction française, 1868, p. 499.

[2] MM. Olivier (*loc. cit.*, p. 118), Marié (*loc. cit.*, pp. 32, 35 et 37), Bonnier (*loc. cit.*, p. 342) ont signalé le recloisonnement radial et parfois tangentiel des cellules endodermiques des racines de divers *Thalictrum*.

grillagées disséminées par petits groupes dans un parenchyme libérien très abondant.

7° *La zone génératrice*, circulaire et continue, est constituée de deux arcs cambiaux (C*b*) réunis par deux ponts de cambiforme (C*bf*) (1). Voyez figure 24.

8° *Le tissu fondamental secondaire.* En même temps que les deux arcs cambiaux produisaient du bois secondaire et du liber secondaire, les deux ponts de cambiforme ont engendré en dedans un peu de tissu fondamental secondaire interne (Tf^{2i}), et en dehors du tissu fondamental secondaire externe (Tf^{2e}) très abondant (fig. 24).

B. *Région d'insertion des cotylédons et de la tige principale.*

Sur une section transversale pratiquée à la base du nœud cotylédonaire, on retrouve la structure de la coupe précédemment décrite au milieu de l'axe hypocotylé, mais on y remarque, en outre, le contact des trachées centrifuges des faisceaux foliaires (t. Fe^1 et t. Fe^2) avec les trachées centripètes du faisceau bipolaire de l'axe hypocotylé et de la racine (t. R.) (fig. 29).

A un niveau un peu supérieur, on voit la sortie des faisceaux cotylédonaires entrainant avec eux les trachées centripètes du faisceau bipolaire (fig. 30). A ce niveau de la figure 30, les faisceaux foliaires M^1 et M^2 sont parfaitement isolés, comme aussi les faisceaux réparateurs A, B, C, D.

(1) Le terme *cambiforme* sera employé, dans ce travail, en lui donnant le sens que M. C.-Eg. Bertrand lui a attribué dans sa *Théorie du Faisceau*, p. 43 (Bull. scientif. du dép. du Nord, 2e série, 3e année, 1880, nos 2, 3 et 4). Il désignera donc un tissu générateur à cloisonnement tangentiel et à fonctionnement ordinairement double, comme celui du cambium, mais qui n'engendre ni bois secondaire, ni liber secondaire. Le savant professeur de Lille nomme « liège » et « tissu fondamental secondaire » les produits du cambiforme. Nous avons cru, à l'exemple de M. A. Gravis, pouvoir substituer à ces expressions celles de Tf^{2e} et de Tf^{2i} pour éviter toute confusion avec le tissu subéreux.

STRUCTURE DE LA TIGE PRINCIPALE.

Une coupe faite au milieu du premier entrenœud de la tige principale présente six faisceaux disposés en deux groupes de trois, l'un à droite, l'autre à gauche du plan principal de symétrie. Ces deux groupes existaient déjà au stade II.

Le groupe de droite est formé d'un foliaire M^1 et de deux réparateurs B et C; le groupe de gauche comprend aussi un foliaire M^2 et deux réparateurs A et D.

Outre le faisceau médian M^1, la feuille ^{1} reçoit deux faisceaux latéraux L^1 fournis par les réparateurs B et C. De même, la feuille ^{2} reçoit, outre le médian M^2, deux latéraux L^2 issus des réparateurs A et D. Il en résulte que les faisceaux latéraux destinés à la feuille ^{1} croisent en sortant les faisceaux latéraux destinés à la feuille ^{2}. De même les faisceaux latéraux destinés à la feuille ^{3} s'entrecroisent en sortant avec les faisceaux destinés à la feuille ^{2}.

La feuille ^{1} et la feuille ^{2} reçoivent chacune trois faisceaux; chacune des feuilles 3, 4 et 5 en reçoit cinq, dont un médian M, deux latéraux L, L et deux marginaux *m*, *m*. Ces faisceaux marginaux sont fournis respectivement par les réparateurs B et C.

L'examen des coupes successives permet de reconnaître le parcours des faisceaux dans la tige principale et leur sortie dans les premières feuilles. Ce parcours est reproduit par la figure 32.

PHYLLOTAXIE.

Il résulte de l'observation attentive de plusieurs individus arrivés au stade que nous décrivons, que les faisceaux cotylédonaires sortent très sensiblement au même niveau et que les foliaires latéraux de la feuille ^{1} se détachent des réparateurs en même temps. La plantule en général n'est donc pas plus développée à la face antérieure qu'à la face postérieure. Dans certains cas cependant, la feuille ^{3} reçoit quatre faisceaux au lieu de trois, le supplémentaire étant un marginal antérieur. Dans le *Ranunculus arvensis*, au contraire, M. Nihoul a montré que la face antérieure de l'axe hypocotylé est plus large que l'autre. Dans le *Thalictrum flavum*, la position du cotylédon antérieur

ne peut être déterminée que par l'observation de la spire phyllotaxique elle-même. C'est ce que l'on voit dans la figure 31, qui représente la section pratiquée dans le bourgeon terminal.

Dans cette figure 31, il est facile de supposer une spirale partant du cotylédon antérieur, se dirigeant vers la gauche de l'observateur supposé au centre de la tige, passant successivement par le cotylédon postérieur, les feuilles 1, 2, 3, 4 et 5. Du cotylédon antérieur au cotylédon postérieur, il y a un peu moins d'une demi-circonférence; du cotylédon postérieur à la feuille ^{1}, il y a un quart de circonférence environ; de la feuille ^{1} à la feuille ^{2}, de la feuille ^{2} à la feuille ^{3}, de la feuille ^{3} à la feuille ^{4}, de la feuille ^{4} à la feuille ^{5}, l'angle de divergence devient assez constant et est compris entre 160° et 170°.

Cette divergence moyenne de 160° à 170° dans les feuilles inférieures passe, pour les feuilles suivantes, à la divergence de 145° environ (soit $^2/_5$), qui est la divergence moyenne des feuilles sur les tiges adultes du *Thalictrum flavum* L.

La plantule qui nous a servi d'exemple jusqu'ici était sénestre, c'est-à-dire que sa spire phyllotaxique tournait en sens inverse des aiguilles d'une montre; sa feuille ^{1} était à droite. D'autres plantules, au contraire, sont dextres, c'est-à-dire que leur spire phyllotaxique tourne comme les aiguilles d'une montre; leur feuille ^{1} est à gauche. Dans ces plantules dextres, le faisceau M^1 est donc situé entre les réparateurs A et D; le faisceau M^2 se trouve entre les réparateurs B et C.

STRUCTURE DE LA RACINE PRINCIPALE.

Les coupes transversales dans la racine principale montrent une structure analogue à celle de la coupe pratiquée au milieu de l'axe hypocotylé, avec les différences suivantes :

L'assise pilifère flétrie est rejetée par place en même temps que l'assise sous-pilifère et les débris des assises sous-jacentes.

De nombreuses radicelles sont insérées en face des pôles ligneux. La région de contact entre ces racines latérales et la racine principale est marquée par un diaphragme constitué par de nombreuses trachées courtes et de grand diamètre.

STRUCTURE DES COTYLÉDONS.

Au stade III, les cotylédons sont arrivés à leur complet développement. Les pétioles, concrescents à leur base, mesurent 1 centimètre de longueur environ, sur $0^{mm},5$ à 1 millimètre de largeur. Le limbe, de forme ovale plus ou moins allongée, présente un sinus terminal et mesure 10 à 12 millimètres de longueur et 6 à 8 millimètres de largeur. Sa nervation consiste en une nervure médiane et deux paires de nervures latérales. Ces cinq nervures principales portent des ramifications qui se terminent généralement sans s'anastomoser (fig. 33).

A une petite distance de son sinus terminal, le limbe contient une glande à eau à laquelle aboutissent la nervure médiane ainsi que les deux nervures latérales supérieures. Les deux nervures latérales inférieures, au contraire, se terminent en pointe libre (schéma fig. 34). Parfois l'une de ces deux latérales inférieures fait défaut (fig. 35); quelquefois même elles manquent toutes les deux (fig. 36). Ces faits semblent indiquer que les cotylédons se développent en direction basipète.

Nous savons déjà que chaque cotylédon reçoit deux faisceaux qui se fusionnent peu après leur sortie et qu'un pôle ligneux centripète de l'axe hypocotylé accompagne les faisceaux cotylédonaires. A la base du pétiole, chaque faisceau montre donc, outre le bois primaire centrifuge, quelques trachées du bois centripète actuellement écrasées (fig. 37).

Au milieu du pétiole cotylédonaire, la même structure se retrouve avec une seule différence : le bois centripète fait défaut (fig. 38).

Au sommet du pétiole, la section indique trois faisceaux rapprochés.

La coupe au milieu du limbe montre (fig. 39) :

1° *L'épiderme interne* (supérieur), avec poils glanduleux, mais sans stomates ;

2° *L'épiderme externe* (inférieur), garni de nombreux et grands stomates, excepté le long des nervures, et de quelques poils glanduleux ;

3° *Le mésophylle :* Parenchyme en palissade formé par un ou

deux rangs de cellules; parenchyme spongieux constitué par cinq ou six rangs de cellules laissant entre elles d'assez grands méats;

4° *Les faisceaux libéro-ligneux,* au nombre de huit à dix et de diverses grosseurs.

Vers le sommet du cotylédon, au niveau de la glande à eau, la section indique que la face interne du cotylédon se creuse légèrement en gouttière à l'endroit de la glande. La partie ligneuse de la nervure médiane est représentée à ce niveau par dix à quinze trachées délicates. En avant de ces trachées existe un massif assez important de petites cellules incolores (« épithème » des auteurs allemands), recouvert directement par l'épiderme interne à éléments fort amincis en cet endroit; on y voit l'orifice d'un stomate aquifère (fig. 40).

Les coupes successives au-dessus de ce niveau nous font assister à la disparition progressive des trachées et à l'augmentation simultanée du nombre des éléments incolores de la glande à eau.

L'épiderme interne, vu de face à l'endroit où il recouvre la glande à eau, est formé de cellules plus petites que celles qui le constituent partout ailleurs et y présente une douzaine de stomates aquifères qui font défaut sur tout le reste de la surface (fig. 41).

L'épiderme externe, au contraire, est garni de nombreux et grands stomates aérifères (fig. 42); il porte aussi des poils glanduleux unicellulaires assez fréquents. Au-dessus de la glande à eau, comme tout le long de la nervure médiane, les stomates font défaut.

Les stomates aérifères affectent la forme renonculacée de Vesque. Les poils glanduleux unicellulaires renferment un gros noyau granuleux et du protoplasme vivement coloré en jaune, comme ceux décrits au stade précédent.

Les stomates aquifères sont béants et leurs cellules de bordure renferment de très gros grains de chlorophylle. Quand on observe le matin des plantules en germination de *Thalictrum flavum* en plein air, on constate l'existence d'une petite gouttelette d'eau logée dans la gouttière de la face interne des cotylédons; ce fait prouve bien que ces organes sont destinés à

remédier à l'excès de tension dans l'appareil aquifère comme dans les cotylédons d'un certain nombre de plantes, notamment de l'*Urtica dioïca.*

STRUCTURE DE LA FEUILLE [1].

La feuille [1] mesure environ 2 centimètres de longueur. La gaine, assez courte (5 millimètres environ), présente deux expansions latérales, très peu proéminentes (fig. 43). Le pétiole, cylindrique et plein, est long de 1 centimètre environ. Les folioles, au nombre de trois, sont brièvement pétiolulées, arrondies à la base et trilobées au sommet. L'examen par transparence montre dans chacun de ces lobes une glande à eau à laquelle aboutissent plusieurs nervures (fig. 44).

La section transversale de la gaine (fig. 45) présente les trois faisceaux L, M, L, qui parcourent sans se diviser toute l'étendue du pétiole (fig. 46), mais qui se trifurquent et s'anastomosent au sommet du pétiole (fig. 47). Chaque pétiolule reçoit trois faisceaux.

Dans certaines feuilles [1], l'un des faisceaux L se bifurque de telle sorte que, vers le milieu du pétiole, la section présente quatre faisceaux (fig. 48), dont un opposé au médian et que nous nommerons O.

Au sommet du pétiole, ce faisceau O se bifurque (fig. 49) et ses branches, se fusionnant à droite et à gauche, se perdent dans l'anastomose de cette région.

La section vers le milieu d'une foliole montre (fig. 50) :

1° *L'épiderme externe,* à cellules tabulaires dépourvues de chlorophylle, à cuticule assez mince et lisse, à stomates nombreux, de même forme que ceux des cotylédons. Les poils glanduleux sont très peu abondants;

2° *L'épiderme interne,* sans stomates, est formé de cellules à cuticule mince;

3° *Le mésophylle,* légèrement bifacial : un seul rang de cellules en palissade, deux ou trois rangs de cellules arrondies dans le parenchyme spongieux. La chlorophylle est uniformément répartie dans tout le mésophylle. Il n'y a pas de cristaux.

Entre chaque nervure et l'épiderme externe, il y a un petit massif collenchymateux;

4° *Les nervures* sont formées chacune par un seul faisceau entouré d'une assise cellulaire légèrement différenciée.

Quant à la structure des glandes à eau, elle est identique à celle décrite dans les cotylédons.

OBSERVATIONS PHYSIOLOGIQUES : ENFONCEMENT DES PLANTULES.

Dans nos germinations, nous avons toujours constaté des cotylédons épigés; d'après M. G. Bonnier (1), le *T. minus* germe parfois avec des cotylédons presque hypogés, l'axe hypocotylé restant très court.

Nous avons toujours vu l'axe hypocotylé en majeure partie aérien, lisse d'abord, ridé ensuite. Vers la fin de la première saison, la plantule s'enfonce graduellement en terre; l'axe hypocotylé, le nœud cotylédonaire et les premiers nœuds de la tige principale deviennent ainsi souterrains. Des radicelles d'ailleurs prennent naissance tout le long de l'axe hypocotylé dont le parenchyme cortical est décortiqué. De sorte que, à ce moment, il n'est plus possible de distinguer l'axe hypocotylé de la racine principale. On peut se demander si l'enfoncement des plantules résulte d'une contraction longitudinale de l'axe hypocotylé, de la racine principale ou des racines adventives.

A l'effet de répondre à cette question, la plantule représentée par la figure 51 et dont l'axe hypocotylé était déjà enfoncé dans le sol, a servi à l'expérience suivante.

L'axe hypocotylé a été isolé, la racine principale a été partagée en trois portions, les deux racines adventives ont été isolées.

Ces six fragments, numérotés dans la figure 51, ont été mesurés au sortir du sol, puis après un séjour dans l'eau, puis encore après avoir été maintenus dans des solutions de salpêtre plus ou moins concentrées (2). Les résultats sont consignés dans le premier tableau suivant.

(1) *Loc. cit.*, p. 340.

(2) Pour mesurer très exactement les fragments, je me suis servi avec avantage du procédé suivant, qui m'a été indiqué par M. le professeur A. Gravis : L'objet est dessiné à la chambre claire, à un grossissement de dix diamètres; les dessins sont ensuite mesurés au moyen d'une sorte de curvimètre qui permet de suivre toutes les courbures; les longueurs trouvées ont été divisées par 10.

PARTIES MISES EN EXPÉRIENCE.	Longueur au sortir du sol.	Longueur après trois heures dans l'eau.	Longueur après vingt heures dans l'eau.	Longueur après quatre heures dans salpêtre 10 %.	Longueur après quatre heures dans salpêtre saturé.	Longueur après vingt heures dans salpêtre saturé.	RÉSULTATS.
PREMIER TABLEAU (Plantule de la fig. 51).							
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	
N° 1. Axe hypocotylé âgé . .	8,2	8,2	8,2	8,2	8,2	8,2	Pas de changement, ni dans l'eau, ni dans les solutions salines.
N° 2. Racine principale, portion âgée	17,3	17,3	17,3	17,6	17,8	17,8	Pas de changement dans l'eau. Allongement de 2,89 % dans les solutions salines.
N° 3. Racine principale, portion plus jeune.	17,2	17,2	17,2	17,4	17,9	17,9	Pas de changement dans l'eau. Allongement de 4,06 % dans les solutions salines.
N° 4. Racine principale, portion plus jeune encore.	15,9	16,3	16,3	16,1	16,0	16,0	Allongement de 2,51 % dans l'eau. Raccourcissement de 1,84 % dans les solutions salines.
N° 5. Portion de racine latérale.	12,4	12,6	13,0	12,5	12,4	12,4	Allongement de 4,83 % dans l'eau Raccourcissement de 4,61 % dans les solutions salines
N° 6. Portion de racine latérale.	19,4	20,9	21,2	20,5	20,7	20,9	Allongement de 9,27 % dans l'eau. Raccourcissement de 3,30 % dans solution à 10 %. Allongement de 1,90 % dans solution saline saturée.
DEUXIÈME TABLEAU.							
N° 7. Axe hypocotylé jeune .	14,7	14,8	15,1	14,5	14,3	14,3	Allongement de 2,72 % dans l'eau. Raccourcissement de 5,29 % dans les solutions salines.
N° 8. Pétiole jeune. . . .	15,4	15,8	18,0	16,7	16,6	16,6	Allongement de 19,20 % dans l'eau. Raccourcissement de 7,77 % dans les solutions salines.
N° 9. Pétiole plus âgé . . .	15,9	16,2	16,5	16,3	16,0	16,0	Allongement de 3,77 % dans l'eau. Raccourcissement de 3,03 % dans les solutions salines.

Les mêmes expériences ont été faites sur l'axe hypocotylé d'une très jeune plantule au stade II, ainsi que sur deux jeunes pétioles d'une plantule plus âgée. (Voir le second tableau de la page précédente.)

Il résulte de ces expériences :

1° Que les portions jeunes de la racine principale et des racines adventives (nos 4 et 5) s'allongent dans l'eau et se raccourcissent dans les solutions salines. Elles se comportent exactement comme de jeunes pétioles et comme l'axe hypocotylé jeune (nos 7, 8 et 9) ;

2° Que les portions plus vieilles de la racine principale (nos 2 et 3) ne subissent pas de changements appréciables dans l'eau (leur croissance étant terminée), mais qu'elles s'allongent dans les solutions salines ;

3° Que l'axe hypocotylé âgé (n° 1) conserve une longueur invariable dans l'eau et dans les solutions salines.

Quant à la racine adventive (n° 6) qui, après s'être allongée dans l'eau, s'est raccourcie dans la solution saline à 10 °/₀ et allongée de nouveau dans la solution saline saturée, l'anomalie provient probablement de ce que cette racine, étant déjà assez longue, comprenait une région jeune et une région plus âgée, fonctionnant autrement que la première.

Laissant de côté ce n° 6, les autres fragments nous permettent de conclure que certaines portions de racine suffisamment âgées se comportent d'une façon tout opposée à celle des autres organes, c'est-à-dire qu'elles sont capables de s'allonger par plasmolyse et de se raccourcir par turgescence. C'est cette dernière propriété qui peut, chaque fois que le sol est humecté par la pluie, provoquer un raccourcissement, c'est-à-dire un enfoncement de la plantule.

Plus tard, lorsque les racines adventives seront suffisamment âgées, elles ajouteront leur effort à celui de la racine principale : l'axe hypocotylé et les premiers nœuds de la tige principale se trouveront ainsi amenés sous la surface du sol.

L'enfoncement progressif des plantules par le mécanisme qui

vient d'être décrit semble avoir été complètement méconnu par M. G. Bonnier, qui s'est exprimé ainsi (*loc. cit.*, p. 340) :

« Dans tous les cas, la racine principale disparaît pendant la première année, et une branche latérale s'enfonce en terre, accumule une provision de nourriture et produit des racines adventives. Ce sera le début du rhizome qui se développe et s'accroît pendant les années suivantes. »

On verra, dans les stades suivants, que la tige principale du *T. flavum* ne produit pas de « branche latérale » s'enfonçant en terre; les bourgeons axillaires situés sur la partie de la tige principale qui a été enterrée par le raccourcissement des racines, passent l'hiver dans le sol; ils se développent plus tard en tiges aériennes florifères qui possèdent nécessairement une portion souterraine, laquelle constitue le premier article du rhizome sympodique.

STADE IV.

Plante vers la fin de la première année.

CARACTÈRES EXTÉRIEURS.

La tige principale mesure 5-6 centimètres de hauteur ; elle a développé de 10 à 14 feuilles (fig. 52).

Les quatre premières feuilles, qui restent toujours assez longtemps petites, sont rapprochées deux à deux, simulant deux paires d'appendices. Les feuilles [1] et [2], en effet, ne sont séparées que par un très court entre-nœud ; elles sont presque opposées l'une à l'autre. Il en est de même des feuilles [3] et [4].

Les feuilles suivantes, qui prennent un développement beaucoup plus grand, sont séparées par des entre-nœuds notablement plus longs.

Le bourgeon terminal est enveloppé par une feuille transformée en pérule. Cette feuille est réduite à une gaine fusiforme terminée par un pétiole et un limbe rudimentaires. Elle assure la protection du bourgeon terminal pendant l'hiver.

STRUCTURE DE L'AXE HYPOCOTYLÉ.

Il suffira de signaler que le parenchyme cortical et l'épiderme mortifiés sont tombés et que l'endoderme forme actuellement la surface. Les cellules de l'endoderme, qui reste longtemps vivant, se sont recloisonnées; leurs parois extérieures sont jaunes et comme cutinisées. Dans la figure 53, on voit nettement la coupe transversale de trois cellules endodermiques recloisonnées radialement en petites cellules ayant l'apparence de cellules épidermiques.

Le péricycle a subi des recloisonnements en diverses directions : ses éléments possèdent maintenant des parois épaisses et collenchymateuses.

STRUCTURE DE LA TIGE PRINCIPALE.

Nous ferons connaître le parcours des faisceaux et l'histologie.

A. PARCOURS DES FAISCEAUX.

Quelques remarques au sujet de la figure 54 suffiront.

Le premier segment de la tige, au-dessus des cotylédons, contient dix faisceaux, savoir : les foliaires du nœud ^{1}

$$(\mathrm{LML})^1,$$

quatre réparateurs A, B, C, D et les foliaires du nœud ^{2}

$$(\mathrm{LML})^2.$$

Les segments 2, 3 et 4 présentent la même organisation.

Le segment 5 contient quinze faisceaux, savoir : les foliaires du nœud ^{5}

$$(m\mathrm{LML}m)^5,$$

cinq réparateurs A′, A″, B, C, D et la trace foliaire du nœud ^{6}

$$(m\mathrm{LML}m)^6.$$

Les segments 6 et 7 ont la même composition.

Le segment 8 présente dix-sept faisceaux, savoir : les foliaires du nœud ^{8}

$$(m\mathrm{L}i\mathrm{M}i\mathrm{L}m)^8,$$

six réparateurs, A′, A″, B′, B″, C, D, et une partie des foliaires de nœud ^{9}.

Le segment 9 est peu différent.

Le segment 10 montre vingt et un faisceaux, savoir :

$$(m\mathrm{L}i\mathrm{M}i\mathrm{L}mm')^{10},$$

huit réparateurs A′, A″, A‴, B′, B″, C, D′, D″ et une partie des foliaires du nœud ^{11}.

Les segments suivants sont semblables ou diffèrent en ce que les foliaires sont au nombre de neuf

$$(m'm\mathrm{L}i\mathrm{M}i\mathrm{L}mm')\ (1).$$

(1) Dans toutes les traces foliaires, M désigne le faisceau *médian*, L désigne les faisceaux *latéraux*, *i* les faisceaux *intermédiaires*, *m* les faisceaux *marginaux*. Les intermédiaires et les marginaux peuvent être de divers ordres, ce qui est indiqué par les signes ′, ″, ‴, etc.

Il n'y a pas d'anastomoses aux nœuds.

Quant aux bourgeons axillaires, ceux des quatre premiers nœuds sont très peu développés. Les autres reçoivent des faisceaux gemmaires en nombre double des faisceaux foliaires. Ils sont insérés dans la partie inférieure de chaque nœud; il y en a un à droite et un à gauche de chaque foliaire sortant.

En résumé : La plante, pendant la première année, développe successivement des segments caulinaires et des feuilles de plus en plus amples. La tige principale comprend quatre portions:

La première comprenant quatre segments caractérisés par une douzaine de faisceaux dont une trace foliaire de trois faisceaux;

Une deuxième portion comprenant trois segments caractérisés par une quinzaine de faisceaux avec trace foliaire de cinq faisceaux;

Une troisième portion comprenant deux segments caractérisés par une vingtaine de faisceaux avec trace foliaire de sept faisceaux;

Enfin, une quatrième portion comprenant cinq segments caractérisés par vingt à trente faisceaux avec trace foliaire de huit ou neuf faisceaux.

D'autres individus du même âge ont été étudiés d'une façon aussi complète; de légères différences ont été constatées, mais les faits généraux énoncés ci-dessus sont partout les mêmes.

B. HISTOLOGIE.

Nous nous bornerons à signaler ici quelques particularités intéressantes.

Les premières feuilles étant de petite taille et disparaissant de bonne heure, les faisceaux foliaires qui vont à ces feuilles contiennent peu de bois secondaire; par contre, il se développe, à la place de ce tissu, un massif volumineux de tissu fondamental secondaire sclérifié (Tf^{2i}). Dans les faisceaux réparateurs (A′A″BCD), le bois secondaire est, au contraire, normalement développé (B^2). Le sclérenchyme comprend, outre le Tf^{2i} des faisceaux foliaires, des arcs fibreux au dos de tous les faisceaux et une gaine circulaire sous l'endoderme (fig. 55).

Les feuilles suivantes étant beaucoup plus grandes, les faisceaux foliaires qui leur correspondent contiennent du bois secondaire (fig. 56) Dans cette portion de tige, le sclérenchyme est formé par quelques éléments de la moelle, par des arcs fibreux en avant des faisceaux, par des massifs fibreux au dos des faisceaux foliaires et enfin par un certain nombre de cellules appartenant au parenchyme cortical (fig. 56).

Comparée à la figure 55, la coupe représentée par la figure 56 diffère donc notablement au point de vue de l'origine des tissus de soutien.

STRUCTURE DE LA DERNIÈRE FEUILLE AVANT LA PÉRULE.

Cette feuille mesure 26 centimètres de longueur. La gaine, notablement plus longue que celle de la feuille [1], présente deux expansions latérales que nous considérons comme des rudiments de stipules. Le pétiole (Pét.), prismatique et creux, se continue par un rachis primaire (Rach. [1]) portant deux rachis secondaires (Rach. [2]); il y a neuf folioles pétiolulées (fig. 57).

La section transversale, à la base de la gaine, rencontre onze faisceaux (fig. 58) :

$$m'mm'LiMiLm'mm'.$$

Dans l'étendue de la gaine, ces faisceaux s'unissent entre eux de distance en distance par des anastomoses obliques. Le faisceau m', le plus voisin du bord droit, se perd dans l'une des expansions latérales de la gaine (stipule rudimentaire), tandis que le faisceau m' correspondant du côté gauche disparaît par anastomose avec le faisceau m voisin. De sorte que, au sommet du pétiole, il n'y a que neuf faisceaux. Mais un dixième faisceau prend bientôt naissance, le faisceau O, aux dépens du faisceau m' du côté droit (fig. 59). Cette structure se maintient dans toute l'étendue du pétiole.

Dans le rachis primaire, on ne retrouve que cinq faisceaux

$$mLMLm$$

qui se prolongent jusque dans le pétiolule de la foliole terminale.

Chacun des rachis secondaires contient cinq faisceaux, savoir : un médian qui n'est autre que l'un des faisceaux *m'* du pétiole et quatre autres faisceaux insérés deux à deux sur les faisceaux L et *m* du pétiole (fig. 60).

Chacun des pétiolules des folioles voisines de la foliole terminale contient quatre faisceaux seulement, qui sont insérés deux à deux sur les faisceaux L et *m* du rachis primaire (fig. 61).

La figure 62 reproduit, d'après les coupes précédentes, le parcours des faisceaux dans la gaine, le pétiole et le rachis primaire, ainsi que l'insertion des rachis secondaires et des pétiolules. On y remarquera le faisceau *m'* du bord droit de la gaine qui se termine en pointe libre dans la stipule rudimentaire de droite ; le faisceau O est indiqué par un trait pointillé ; à l'endroit marqué « niveau de la fig. 60 » se trouve l'insertion des rachis secondaires, et à l'endroit marqué « niveau de la fig. 61 », l'insertion des pétiolules.

Quant à la structure des folioles, elle présente les mêmes particularités anatomiques que celle de la feuille [1], sauf qu'il n'y a pas de glande à eau.

PHYLLOTAXIE.

Le tableau suivant indique, d'une façon approximative, les divergences foliaires dans la tige principale étudiée ci dessus :

Cot. *a*	Cot. *p*	180°
Cot. *p*	Feuille 1	90°
Feuille 1	Feuille 2	180°
Feuille 2	Feuille 3	120°
Feuille 3	Feuille 4	170°
Feuille 4	Feuille 5	140°
Feuille 5	Feuille 6	155°
Feuille 6	Feuille 7	170°
Feuille 7	Feuille 8	150°
Feuille 8	Feuille 9	115°
Feuille 9	Feuille 10	170°
Feuille 10	Feuille 11	165°
Feuille 11	Feuille 12	165°

STADE V.

Plante vers la fin de la deuxième année.

CARACTÈRES EXTÉRIEURS.

Nous avons décrit précédemment les caractères extérieurs des plantes à la fin de la première année (stade IV). Pendant l'hiver, ces plantes perdent leurs feuilles et leur bourgeon terminal hiverne à l'abri de la pérule.

Au printemps suivant, la tige principale continue son développement. Vers la fin de la deuxième année, en juillet, on peut constater que les jeunes plantes sont assez inégalement développées : les unes, vigoureuses, ont fleuri; les autres, moins fortes, ne portent que des feuilles.

Dans les premières, la tige principale s'est allongée au point de mesurer près de 1 mètre de hauteur. Cette tige comprend deux régions.

La première région, qui s'est formée pendant le premier été (quelques centimètres de longueur), a perdu ses feuilles; elle est devenue presque entièrement souterraine. Cette région souterraine est garnie de très nombreuses racines et porte quatre ou cinq gros bourgeons axillaires destinés à passer l'hiver suivant : ce sont des bourgeons de remplacement.

La seconde région, qui s'est développée pendant la deuxième saison, comprend elle-même trois portions. La première, longue de 4 centimètres environ, est formée de cinq ou six segments dont l'entre-nœud est court et dont la feuille porte dans son aisselle un rameau grêle, non florifère. La deuxième portion, longue de 35 centimètres, comprend quatre ou cinq segments dont l'entre-nœud est très long et la feuille très ample; les bourgeons axillaires sont restés latents. Enfin, la troisième portion,

longue de 55 centimètres, porte des feuilles bractéiformes [1], des bractées et des axes florifères.

Les racines, très nombreuses, sont presque toutes de même longueur (30 à 35 centimètres) et de même grosseur (1 à 2 millimètres); elles sont peu ramifiées, les radicelles étant très grêles.

Les bourgeons souterrains destinés à passer l'hiver sont épais, longs déjà de 20 à 25 millimètres; ils portent des feuilles écailleuses, jaunes, imbriquées, sans pétiole ni limbe; la dernière de ces feuilles forme pérule avec limbe rudimentaire.

Les feuilles les plus développées de la tige aérienne mesurent de 20 à 28 centimètres de longueur; elles possèdent une gaine courte, deux stipules vascularisées, six paires de rachis secondaires, dont les deux inférieurs sont eux-mêmes quatre fois divisés. La feuille la plus complète comptait 137 folioles.

Les feuilles bractéiformes, de plus en plus courtes et de plus en plus simples, passent insensiblement aux bractées réduites, elles, à cinq, à trois et même à une seule foliole.

Les plantes qui n'ont pu fleurir pendant la deuxième année, ont une tige principale plus ou moins longue, deux ou trois bourgeons destinés à passer l'hiver, de longues racines sur la portion souterraine de cette tige et enfin des feuilles plus ou moins développées sur la portion aérienne. D'autres encore, victimes de la lutte pour l'existence, sont réduites à une tige excessivement grêle portant un seul petit bourgeon hivernant, quelques minces racines et deux ou trois feuilles délicates et grêles.

Selon les conditions climatériques, la fertilité du sol et les circonstances de la lutte des plantules entre elles, le *Thalictrum flavum* arrive à l'état adulte, c'est-à-dire à fleurir, après deux ou trois années; il pourrait peut-être y arriver après une seule année, dans des conditions exceptionnellement favorables. La

[1] Nous désignerons sous le nom de *feuilles bractéiformes* des feuilles intermédiaires, par leur taille, leur forme et leur situation, entre les grandes feuilles végétatives situées à la base de la région aérienne des tiges et les bractées de l'inflorescence.

végétation de cette espèce se rapprocherait donc tantôt de celle des plantes annuelles, tantôt de celle des plantes vivaces fleurissant chaque saison ou ne fleurissant qu'après plusieurs années.

Notre étude anatomique des plantes à la fin de la deuxième année portera uniquement sur des individus florifères.

STRUCTURE DE LA TIGE PRINCIPALE.

La première région de la tige principale, correspondant à la pousse de la première année, est identique à ce qui a été dit ci-dessus au stade IV.

La deuxième région, correspondant à la pousse de la deuxième année, comprend, avons-nous dit, trois portions.

La première est formée d'un petit nombre de segments semblables à ceux qui se sont formés à la fin de la première année, c'est-à-dire qu'ils contiennent une trentaine de faisceaux avec une trace foliaire de neuf ou dix faisceaux. Le sclérenchyme forme des massifs voisins du bois primaire et d'autres contre le liber primaire (fig. 63).

La deuxième portion ne comprend également qu'un petit nombre de segments, mais ceux-ci sont très vigoureux; on peut y compter, en effet, cinquante-six faisceaux avec une trace foliaire de douze faisceaux (fig. 64) :

$$m'mm'\mathrm{LiMiL}m'mm'm''.$$

Nous rencontrons ici, pour la première fois, une disposition qui devient la règle dans la plante adulte : les faisceaux foliaires situés sous les côtes de la tige ont une section pointue et s'avancent notablement vers le centre, tandis que les autres faisceaux ont une section arrondie et sont plus ou moins reportés vers l'extérieur.

Remarquons également qu'il n'y a plus de sclérenchyme dans le voisinage du bois primaire; le parenchyme médullaire est ordinairement creusé d'une vaste lacune centrale.

La troisième et dernière portion (inflorescence) comprend un

grand nombre de segments dont l'organisation va successivement en décroissant. Le nombre des faisceaux, qui peut être encore de trente-huit au bas de l'inflorescence (fig. 65), se réduit à vingt (fig. 66), puis à dix (fig. 67) et enfin à cinq tout à l'extrémité de l'inflorescence (fig. 68).

Les premières bractées, en effet, reçoivent cinq faisceaux (fig. 65), les suivantes trois (fig. 66), les dernières enfin un seul (fig. 67 et 68).

En résumé : Durant la deuxième année, la tige principale produit d'abord des segments très vigoureux, puis des segments de plus en plus simplifiés, ces derniers correspondant à l'inflorescence. La succession des feuilles reflète cette évolution. Le nombre des faisceaux, qui est de douze à la base des feuilles les plus amples, se réduit à cinq dans les premières bractées et à un seul dans les dernières.

STRUCTURE DES FEUILLES.

Les feuilles au stade V sont semblables à celles de la plante adulte dont les caractères seront décrits dans le chapitre suivant.

STRUCTURE DES RACINES.

A la fin de la seconde année de végétation, les racines sont toutes adventives et insérées sur la portion souterraine de la tige. Longues de 30 à 35 centimètres sur 1 ou 2 millimètres de diamètre, elles portent quelques radicelles très grêles et sont recouvertes de nombreuses papilles absorbantes.

Une section transversale pratiquée vers le milieu de l'une de ces racines montre (fig. 69) :

Un faisceau à trois pôles ligneux primaires ne se joignant pas, alternant avec autant de pôles libériens primaires. Le centre est occupé par des fibres primitives à parois minces, laissant entre elles des méats. Trois arcs cambiaux (Cb), apparus entre le bois primaire (B^1) et le liber primaire (L^1), commencent à produire du bois secondaire (B^2) et une grande quantité de parenchyme libérien secondaire avec cellules grillagées (L^2). Trois

ponts de cambiforme (Cbf), réunissant les trois arcs cambiaux, ont produit du tissu fondamental secondaire externe (Tf^2e), très abondant et parenchymateux (fig. 70).

Le péricycle (Péric.) recloisonné a produit une zone plus ou moins collenchymateuse contre laquelle s'appuient les massifs libériens primaires très reconnaissables.

Le parenchyme cortical persiste et comprend une dizaine d'assises de cellules. L'assise profonde est un endoderme (End.) très bien caractérisé, avec plissements sur les cloisons radiales et épaississements des cloisons externes. Les cellules endodermiques se sont recloisonnées plusieurs fois, comme le montre aussi très bien la coupe longitudinale radiale (fig. 71).

L'assise pilifère porte des papilles absorbantes très nombreuses.

L'assise sous-pilifère est formée de cellules à parois épaissies, légèrement plissées radialement et marquées de ponctuations extrêmement nombreuses et petites qui leur donnent un aspect finement chagriné caractéristique.

Les autres couches cellulaires du parenchyme cortical sont pour la plupart écrasées. On distingue par-ci par-là quelques cellules fortement sclérifiées (Sclér.) (fig. 70).

Il existe également des racines adventives à quatre pôles.

Les coupes transversales successives pratiquées dans le sommet végétatif de la racine nous ont fait assister, par le processus habituel, à l'origine des différents tissus précités. Notons cependant que la différenciation libérienne précède de beaucoup la différenciation ligneuse et que l'endoderme ne se caractérise que très tard, alors que les différenciations libérienne et ligneuse sont déjà bien avancées.

A l'état adulte, les racines des plantes arrivées au stade V contiennent toujours très peu de tissus secondaires et conservent leur parenchyme cortical.

Quant aux radicelles, elles ont deux, trois ou quatre pôles et ne développent jamais de productions secondaires.

CHAPITRE III.

PLANTE ADULTE.

---

§ 1. LES TIGES.

CARACTÈRES EXTÉRIEURS.

Après avoir fleuri, la partie aérienne de la tige principale se détruit à la fin de la deuxième saison; la partie souterraine hiverne et les bourgeons qu'elle porte se développent au printemps suivant. Les mêmes phénomènes se continuant chaque année nous conduisent à la plante adulte telle qu'on la rencontre ordinairement dans la nature.

Le *Thalictrum flavum* habite les prairies inondées en hiver; il forme de larges touffes ou colonies occupant chacune une superficie de 3 à 4 mètres carrés. Il est difficile de dire si chacune de ces colonies provient d'un seul individu de semis.

En fouillant le sol avec soin, on trouve des tiges souterraines ou drageons (Drg.) courant horizontalement à une profondeur de 10 à 15 centimètres. Elles peuvent mesurer 50 ou 70 centimètres de longueur et présenter un grand nombre de segments à long entre-nœud (3 à 8 centimètres), à feuille rudimentaire et à bourgeon axillaire latent. De nombreuses racines sont également insérées aux nœuds (fig. 72).

A l'arrière-saison, ces tiges souterraines se relèvent légèrement à leur extrémité, qui est terminée par un bourgeon protégé par plusieurs feuilles pérulaires.

Au printemps suivant, ce bourgeon terminal reprenant son développement produit une tige primaire (Tg.[1]) aérienne, verticale et florifère, qui peut atteindre près de 2 mètres de hauteur.

Celle-ci comprend elle-même trois portions : la première, souterraine encore, présente un petit nombre de segments à entre-nœud court et à feuille se développant dans l'air ; la deuxième portion, déjà aérienne, montre quelques segments à entre-nœud long, puis très long et à feuille très ample ; enfin, la troisième portion renferme tous les autres segments à entre-nœud de plus en plus court, portant des feuilles bractéiformes passant aux bractées de plus en plus petites.

Sur la partie de la tige souterraine qui se relève pour sortir du sol, les bourgeons axillaires se comportent de diverses manières : les uns se développent en tiges secondaires dressées et aériennes dès la première année (*Tg.*^{2} *aér.*, fig. 72 et 73). D'autres se développent en tiges secondaires courtes et terminées par un bourgeon pérulé; ces axes sont destinés à hiverner dans le sol pour en sortir seulement au printemps suivant (*Tg.*^{2} *hiv*, fig. 73). D'autres enfin se développent en longues tiges souterraines qui s'étendent horizontalement et qui sont des drageons identiques à ceux qui nous ont servi de point de départ (*Drg. nouveau*, fig. 74). Comme eux, ils sortiront de terre et produiront de nouvelles ramifications, les unes aériennes, les autres souterraines, dressées ou rampantes.

STRUCTURE.

A. PARCOURS DES FAISCEAUX.

Nous allons considérer successivement : la portion souterraine drageonnante, la portion souterraine qui se relève pour sortir du sol, la portion inférieure de la tige aérienne, et enfin la portion supérieure florifère.

I. Portion souterraine drageonnante.

Une section transversale pratiquée dans l'entre-nœud ^{3} (fig. 78, pl. VIII) montre vingt faisceaux sensiblement de même grosseur et disposés sur un seul cercle. Parmi ces faisceaux, on peut

en distinguer dix qui constituent la trace foliaire complète de la feuille [3], savoir :

$$(m'mm'\mathrm{L}i\mathrm{M}i\mathrm{L}mm')^{3}$$ (¹).

Ces dix faisceaux peuvent se reconnaître à leur situation sous les côtes de la tige (lesquelles sont en réalité peu marquées) ; ils sont aussi situés un peu plus vers l'extérieur que les autres. Les dix autres faisceaux sont réparateurs.

La figure 94, planche XII, permet de se faire une idée du trajet des vingt faisceaux de la coupe précédente :

Les dix faisceaux de la trace foliaire, après un trajet rectiligne, sortent dans la feuille, tandis que les autres faisceaux se bifurquent ou se trifurquent de façon que, dans l'entre-nœud suivant, vingt faisceaux existent encore dont dix constituant la trace foliaire complète du nœud [4]. C'est dans le nœud également que les faisceaux gemmaires apparaissent de chaque côté des faisceaux sortants. Il y a peu d'anastomoses dans la moitié supérieure du nœud.

La divergence entre la feuille [3] et la feuille [4] est de près de 180°.

Des racines nombreuses sont insérées dans la première moitié du nœud : il y en a une ou deux dans l'intervalle entre tous les faisceaux.

II. Portion souterraine qui se relève pour sortir du sol.

Cette portion diffère peu de la précédente. La section transversale (fig. 79, pl. VIII) pratiquée dans l'entre-nœud [18] contient cinquante-neuf faisceaux dont treize formant la trace foliaire. Ces faisceaux foliaires se distinguent aisément des autres fais-

(¹) Dans un travail qu'il se propose de publier prochainement, M. le professeur A. Gravis exposera des considérations générales sur la nomenclature des faisceaux foliaires. J'ai cru utile d'adopter dès maintenant cette nomenclature, comme l'a fait également M. C. Lenfant dans son mémoire sur le genre *Delphinium, loc. cit.*

ceaux par leur forme et leur position. Alternant avec les faisceaux de la trace foliaire, il y a ici des groupes réparateurs et non pas de simples faisceaux réparateurs comme dans la portion précédente. Chaque groupe réparateur comprend de un à cinq faisceaux inégaux et inégalement rapprochés du centre de la tige. Parmi eux se trouvent déjà indiqués un certain nombre de faisceaux foliaires du nœud ^{19} et du nœud ^{20}.

Quant au parcours (voir fig. 85, pl. IX), il ressemble davantage à celui qui va être étudié dans la portion aérienne.

La divergence entre la feuille ^{18} et la feuille ^{19} est de 157°.

III. Portion aérienne inférieure.

Une section transversale pratiquée dans l'entre-nœud ^{24} (fig. 80, pl. VIII) montre septante-neuf faisceaux de grosseur très diverse et disposés sur plusieurs rangs, les plus petits étant les plus extérieurs. Parmi ces faisceaux, on peut distinguer :

1° Quinze faisceaux constituant la trace foliaire complète de la feuille ^{24}

$$(m'mm'\mathrm{L}ii'\mathrm{M}i'i\mathrm{L}m'mm''m'm'')^{24}.$$

Ces quinze faisceaux présentent des caractères spéciaux qui permettent de les reconnaître aisément. Ils sont adossés au sclérenchyme périphérique et chacun d'eux correspond exactement à une côte saillante de la tige. Ces faisceaux se composent d'une longue pointe de bois primaire, d'un massif de bois secondaire qui embrasse partiellement le liber par sa zone cambiale;

2° Alternant avec ces quinze faisceaux de la trace foliaire, il y a quinze groupes réparateurs formés de faisceaux très inégaux et disposés sur plusieurs rangs. Parmi ceux-ci, treize faisceaux constituent la trace foliaire, complète également, de la feuille ^{25}

$$(m'mm'\mathrm{L}i\mathrm{M}i'i\mathrm{L}m'mm'm'')^{25}.$$

Ces faisceaux ont une section de forme ovale à pointe arrondie; ils sont isolés, sauf les plus petits qui sont adossés au sclérenchyme.

Treize autres faisceaux encore constituent la trace foliaire de la feuille ^{26}

$$(m''m'mm'\mathrm{L}i\mathrm{M}i\mathrm{L}m'mm'm'')^{26}.$$

Tous les autres faisceaux de la coupe transversale de l'entre-nœud appartiennent aux traces foliaires des feuilles 27, 28, 29, 30, etc.; mais ces traces foliaires successives sont, à ce niveau, de plus en plus incomplètes.

La figure 81 représente la coupe faite un peu au-dessus du nœud ^{24}, un peu au-dessus de l'insertion de la feuille et du bourgeon. On peut aisément la comparer à la coupe précédente pratiquée dans l'entre-nœud au-dessous.

C'est l'examen des coupes successives dans une série de segments consécutifs qui a permis de faire les déterminations indiquées dans les figures 80 et 81, ainsi que dans le parcours correspondant reproduit à la figure 86, planche X.

Dans cette dernière figure, on remarquera d'abord les faisceaux de la trace foliaire du segment ^{24} qui, après un trajet rectiligne sans aucune ramification, sortent au niveau de la feuille ^{24}. Les autres faisceaux ont également un trajet rectiligne ; ils se ramifient de temps en temps pour donner naissance à de nouveaux foliaires destinés à des feuilles situées beaucoup plus haut. Les faisceaux gemmaires sont ici très nombreux et insérés plus bas le long des foliaires ou des réparateurs.

Quant à la divergence foliaire, elle est, dans la région étudiée, de 150° environ.

IV. Portion aérienne supérieure (inflorescence).

La portion de la tige qui forme l'axe général de l'inflorescence comprend un grand nombre de segments dont l'organisation va successivement en décroissant. On retrouve ici toutes les particularités signalées dans l'inflorescence de la tige principale au stade IV.

Une coupe transversale dans l'entre-nœud du segment ^{31} situé

à la base de l'inflorescence (fig. 92, pl. VIII) montre soixante faisceaux dont une trace foliaire

$$(m'mm'\mathrm{L}i\mathrm{M}i\mathrm{L}m''m'mm')^{31}.$$

Alternant avec ces douze faisceaux, douze groupes réparateurs composés de trois à six faisceaux, parmi lesquels la trace foliaire du nœud ^{32} et celle du nœud ^{33}.

La première bractée reçoit donc douze faisceaux, la deuxième onze, la troisième neuf et ainsi de suite. Plus haut, dans l'inflorescence (fig. 83), la tige ne contient plus que dix faisceaux et la bractée n'en reçoit qu'un seul faisceau M.

B. INSERTION DES TIGES AXILLAIRES.

On peut distinguer deux sortes de bourgeons axillaires : ceux qui donnent naissance à des tiges feuillées et ceux qui forment les rameaux de l'inflorescence.

A. — Les premiers naissent sur les tiges souterraines, ainsi que sur le bas des tiges aériennes.

Dans les nœuds souterrains, le nombre des faisceaux gemmaires est double de celui des faisceaux foliaires ; les gemmaires y sont en effet insérés, un à droite et un à gauche de chaque foliaire, un peu au-dessous du niveau de la sortie (fig. 94, pl. XII).

Dans les nœuds aériens, le nombre des faisceaux gemmaires est environ le triple de celui des faisceaux foliaires ; ils sont insérés notablement plus bas, non sur les foliaires, mais sur d'autres faisceaux voisins (pl. X).

Pour sortir de la tige mère, les faisceaux gemmaires ne traversent pas le parenchyme médullaire, comme ils le font dans le *Ranunculus arvensis*, mais ils courent horizontalement dans le parenchyme externe et forment une ceinture très visible dans la moitié supérieure du nœud. Lorsque les coupes transversales successives sont minces, on n'observe qu'une partie des faisceaux

gemmaires sortants (fig. 95, pl. XII); lorsque, au contraire, la coupe transversale est suffisamment épaisse, on voit la ceinture gemmaire complète (fig. 96).

On peut aussi fendre un nœud longitudinalement, l'étaler et le rendre transparent par l'eau de Javelle : on obtient ainsi une préparation dont la figure 98 donne une idée. Pour ne pas compliquer cette figure, les faisceaux foliaires et les faisceaux gemmaires ont seuls été représentés.

B. — Les bourgeons axillaires qui donnent naissance aux rameaux de l'inflorescence apparaissent à l'aisselle des bractées, vers le haut des tiges aériennes. L'insertion de ces bourgeons est beaucoup plus difficile à débrouiller que celle des autres bourgeons. On ne constate pas de ceinture gemmaire, la sortie des faisceaux destinés au bourgeon se faisant néanmoins par l'extérieur.

Avant de se détacher complètement de la tige mère, le rameau produit lui-même un autre rameau, de telle sorte que, dans l'aisselle d'une bractée, on observe généralement deux ou trois axes courts, très ramifiés et florifères. L'insertion de l'axe de troisième ordre sur celui de deuxième ordre se faisant lorsque ce dernier n'est pas encore séparé de la tige primaire, on ne constate pas l'existence d'appendice au nœud de cette insertion.

C. HISTOLOGIE.

Nous ferons connaître l'histologie de chacune des quatre portions distinguées dans la tige adulte, ainsi que celle de la ceinture gemmaire.

I. Portion souterraine drageonnante.

La figure 78, planche VIII, donne une vue d'ensemble de la section à ce niveau; la figure 87, planche XI, indique tous les détails histologiques grossis davantage.

En avant de chaque faisceau, les fibres primitives sclérifiées

forment un arc scléreux interne (*Sclér. int.*). Le bois primaire (B^1) est constitué de trachées peu nombreuses. Les vaisseaux du bois secondaire (B^2) sont entremêlés d'éléments à parois minces. La zone cambiale (Cb) a produit aussi du liber secondaire (L^2) renfermant de grandes cellules grillagées [1]. Le liber primaire (L^1) bien conservé possède des cellules grillagées assez petites, accompagnées de cellules annexes. En arrière de chaque faisceau, un massif de sclérenchyme forme un arc scléreux externe (*Sclér. ext.*).

La gaine, parfaitement continue, large de deux à quatre assises cellulaires sans méats, est constituée d'éléments prismatiques à parois épaisses et ponctuées, mais non sclérifiées; leur aspect est plutôt collenchymateux (voyez *Gaine coll.* dans la fig. 87). Le chlorure de zinc iodé colore assez difficilement cette gaine : sur les coupes convenablement hydratées, ce réactif donne cependant une coloration franchement bleue alors que les arcs scléreux internes et externes se colorent nettement en jaune.

Au delà de la gaine, il n'existe plus qu'une couche subéreuse assez mince (*Sub.*).

La moelle ($T/^{li}$), en grande partie résorbée, est creusée d'une vaste lacune centrale. Il y a également des lacunes externes entre les faisceaux dans le voisinage du liber (*Lac. ext.* dans fig. 78, pl. VIII, et fig. 87, pl. XI) ; ces lacunes s'étendent parfois dans tout le tissu interfasciculaire, de telle façon que les faisceaux semblent suspendus dans une cavité centrale étoilée.

D'autres fois, au contraire, dans les grosses tiges drageonnantes, tous les arcs scléreux internes sont réunis en une zone sinueuse continue entourant ce qui reste de la moelle (voyez *Sclér. int.*, fig. 84, pl. VIII).

Les coupes longitudinales montrent que les cellules des arcs scléreux externes sont prismatiques (fig. 91, pl. XI), tandis que les cellules sont fibreuses dans les arcs scléreux internes (fig. 93);

[1] M. C.-V. Gernet (*loc. cit.*) déclare n'avoir jamais rencontré de cellules grillagées dans le liber du *Thalictrum flavum*.

toutes les cellules du sclérenchyme sont d'ailleurs marquées de ponctuations obliques. Les premiers vaisseaux sont rayés, les autres sont aréolés (fig. 92) : les cellules vasculaires, assez longues, laissent voir, après leur fusion, un reste de la cloison transversale sous la forme d'un anneau saillant à l'intérieur du vaisseau.

II. Portion souterraine qui se relève pour sortir de terre.

Cette portion diffère de la précédente par les particularités histologiques suivantes (fig. 79, pl. VIII, et fig. 88, pl. XI) :

Il n'y a pas d'arcs scléreux internes; par contre, les fibres ligneuses entremêlées aux vaisseaux du bois secondaire ont des parois fortement épaissies. La gaine est formée d'éléments très nettement sclérifiés. Le parenchyme cortical est en grande partie mortifié et écrasé : on y retrouve l'assise sous-épidermique et l'assise profonde contre la gaine. Cette assise profonde ne possède pas les plissements caractéristiques de l'endoderme. L'épiderme a subsisté et il n'y a pas de suber.

Dans les diaphragmes nodaux, comme dans ceux de la tige au stade IV, certaines cellules de la moelle possèdent des parois épaisses, sclérifiées et canaliculées (fig. 90).

III. Portion aérienne inférieure.

Les caractères histologiques propres à cette portion sont les suivants (fig. 80, pl. VIII, et fig. 89, pl. XI) :

La zone cambiale des faisceaux est arquée autour du liber. Le sclérenchyme de la gaine est très développé, comme aussi celui des arcs scléreux externes adossés à la gaine.

Le parenchyme cortical est bien conservé : son assise profonde est sans plissements ; les suivantes contiennent de la chlorophylle ; l'assise sous-épidermique est collenchymateuse. L'épiderme, fortement cutinisé, est garni de stomates.

IV. Portion aérienne supérieure (inflorescence).

Au point de vue histologique, cette portion diffère à peine de la précédente (fig. 82, pl. VIII). On peut cependant noter que l'épiderme ne présente plus de stomates et que le parenchyme cortical ne renferme plus de chlorophylle.

Structure des portions aériennes de la tige comparée à celle des portions souterraines.

M. J. Costantin [1] a étudié d'une façon spéciale ce qu'il a nommé le « passage de la tige aérienne au rhizome » dans le *T. minus* à l'effet de mettre en évidence l'influence du milieu sur la structure de la tige. Parmi les conclusions que l'auteur a cru pouvoir tirer de ses observations, il y en a deux au sujet desquelles certaines restrictions sont à faire :

1° D'après M. J. Costantin, « l'anneau de fibres existant à la périphérie du cylindre central » de la tige aérienne (= la gaine) disparait dans la tige souterraine pour faire place à une couche subéreuse. Notre figure 87, planche XI montre clairement que la gaine est encore présente dans la portion souterraine, mais que ses éléments ne sont pas sclérifiés; le suber s'est formé *en dehors* de la gaine, dans la partie la plus profonde du parenchyme cortical;

2° M. J. Costantin indique aussi que « les faisceaux sont sur plusieurs cercles dans la tige aérienne et sur un seul cercle dans le rhizome ».

Nous pensons que la disposition des faisceaux ne dépend du milieu que d'une façon très indirecte.

Les régions qui portent des feuilles très amples contiennent un grand nombre de faisceaux qui, en raison même de leur nombre, se disposent sur plusieurs rangs, tandis que les régions qui ne produisent que des feuilles petites ou rudimentaires

(1) *Loc. cit.*, p. 95.

renferment peu de faisceaux rangés en un seul cercle. Aussi voyons-nous les premiers segments de la tige principale, *quoique aériens,* posséder des faisceaux sur un seul cercle parce que la trace foliaire des premières feuilles, toujours très petites, ne comprend que trois ou cinq faisceaux. C'est seulement pendant la seconde année que les faisceaux plus nombreux commencent à se disposer sur plusieurs cercles, dans la portion de la tige principale qui porte des feuilles à trace foliaire composée d'une douzaine de faisceaux (voir fig 64, pl. VI).

Inversement, certains segments, *quoique souterrains,* peuvent contenir des faisceaux nombreux rangés sur plusieurs cercles. Tel est le cas de la portion souterraine qui se relève pour sortir de terre dans la plante adulte (fig. 79, pl. VIII), portion qui porte de grandes feuilles, aériennes grâce à leur long pétiole.

On comprendra, d'ailleurs, que l'arrangement des faisceaux dépend non seulement de leur nombre, mais encore du diamètre de la tige avant l'apparition des tissus secondaires.

Il est à remarquer aussi que M. J. Costantin en comparant des coupes pratiquées depuis la partie aérienne vers la partie souterraine, a décrit les modifications anatomiques comme si la tige croissait de l'air dans la terre! Notre marche de la base vers le sommet de chaque tige est plus logique puisqu'elle suit l'axe dans la direction de sa croissance : elle permet de reconnaître, en même temps que l'influence très réelle du milieu, les variations plus considérables encore que les divers segments d'une tige peuvent présenter dans un milieu constant. M. A. Gravis a mis en lumière ces variations, qui dépendent de l'accroissement continu de la vigueur d'une plante en végétation ([1]). Si M. J. Costantin avait suivi la marche ascendante, depuis la partie souterraine de la tige jusqu'à la partie aérienne, il aurait constaté que les faisceaux deviennent plus nombreux et se rangent sur plusieurs cercles lorque la tige n'a pas encore quitté le sol et

([1]) *Recherches anatomiques sur les organes végétatifs de l'Urtica dioïca,* dans les Mémoires in-4° de l'Académie royale de Belgique, tome XLVII (1884), pp. 75, 92, 106 et 218.

que par suite cette modification ne peut être attribuée à l'influence du milieu aérien.

M. G. Bonnier [1] s'est occupé également de l'anatomie du *T. minus :* il a insisté sur « les différences frappantes » que présente la structure du « rhizome » comparée à celle de « la base souterraine de la tige florifère ». A la planche XIV de son travail, il a représenté, par des « photographies directes sur cuivre », une coupe de chacun de ces deux niveaux, en faisant remarquer que ces niveaux ne sont distants l'un de l'autre que de quelques millimètres seulement et qu'ils sont situés tous deux sous la surface du sol. Dans le rhizome (notre première portion de la tige primaire), l'auteur reconnaît « la couche génératrice donnant du bois vers l'intérieur, sur un seul cercle, et du liber vers l'extérieur ». A la base de la tige florifère sous terre (notre deuxième portion), il trouve au contraire de « nombreux faisceaux sur plusieurs cercles sans formations secondaires. »

« On ne saurait, dit M. G. Bonnier, donner d'exemple plus net pour faire voir le peu d'importance que présentent les caractères de la structure de la tige, lorsqu'on veut distinguer les Monocotylédones des Dicotylédones ». Cette affirmation paraît bien surprenante sous la plume de l'un des représentants de l'École française à laquelle on doit les premières recherches sur les caractères anatomiques qui distinguent les Monocotylées des Dicotylées.

D'après M. G. Bonnier, la tige florifère se distinguerait donc par deux particularités : la disposition des faisceaux sur plusieurs cercles et l'absence de tissus secondaires. Quelle valeur faut-il attribuer à ces deux caractères?

Le premier est réel : il résulte de ce que la base de la tige florifère porte de grandes feuilles rapprochées les unes des autres, tandis que le rhizome ne produit que des feuilles rudimentaires espacées. D'ailleurs, on connaît aujourd'hui nombre de Dycotylées possédant des faisceaux rangés sur plusieurs cercles.

[1] *Loc. cit.*, p. 390.

Le deuxième caractère, au contraire, est contestable. Dans le *T. flavum*, nous avons constaté un arc de cambium dans tous les faisceaux et à *tous les niveaux*. Nos figures 87 et 89, planche XI, prouvent l'existence du cambium aussi bien dans la portion aérienne que dans la portion souterraine. Il en est de même dans le *T. minus*. Le cambium ne forme pas, il est vrai, une zone génératrice circulaire et continue; il est seulement intrafasciculaire. Tous les auteurs ont admis son existence dans les Renonculacées. Quant aux tissus secondaires issus de l'activité génératrice du cambium, ils sont ici toujours intrafasciculaires et parfois si peu abondants qu'ils ne sont représentés que par quelques vaisseaux aréolés.

En regardant à la loupe la figure 1, planche XIV, de M. G. Bonnier, on peut reconnaître des traces non équivoques de l'arc cambial dans chaque faisceau, notamment dans la partie gauche de la photographie, bien que le grossissement soit manifestement insuffisant. Si dans la figure 2 de cette même planche, le cambium et les tissus secondaires sont plus apparents, cela provient de ce que cette figure représente le rhizome, c'est-à-dire la partie vivace, tandis que la première représente la partie fugace, la tige florifère, qui disparaîtra après la fructification.

M. J. Costantin (1) a admis l'existence du bois secondaire dans les faisceaux intérieurs de la tige aérienne du *T. minus*, mais sa figure 70 de la planche VI ne rend pas avec assez de netteté l'aspect des arcs cambiaux.

M. P. Marié (2) a reconnu un « cambium net » dans les faisceaux de la tige aérienne du *T. aquilegifolium* et l'a représenté pour celle du *T. angustifolium* (fig. 20).

M. E. Strasburger (3) a figuré avec toute la précision désirable le cambium d'un faisceau de la tige du *Ranunculus repens*, mais il a, croyons-nous, trop limité l'activité cambiale en ne considé-

(1) *Loc. cit.*, p. 174.

(2) *Loc. cit.*, p. 34.

(3) *Manuel technique d'anatomie végétale*, trad. française (1886), p. 111.

rant comme secondaires que les assises de cellules à parois minces situées contre l'arc générateur.

Malgré certaines ressemblances, plus apparentes que réelles, existant entre l'organisation des *Thalictrum* et celle des Monocotylées (ressemblances qui seront énumérées dans les « Conclusions » à la fin de ce mémoire), nous ne croyons pas qu'il soit permis de confondre la structure d'aucune partie d'un *Thalictrum* avec « la structure ordinaire des Monocotylédones ». Bien comprise, l'anatomie de la tige des *Thalictrum* appartient franchement au type des Dicotylées.

Ceinture gemmaire.

Nous savons déjà que les faisceaux destinés au bourgeon axillaire contournent le nœud en parcourant presque horizontalement le parenchyme cortical et qu'il en résulte une véritable ceinture gemmaire (voir ci-dessus, p. 42). Lorsqu'on examine extérieurement l'insertion d'une forte tige axillaire, on y voit une sorte de croissant qui embrasse la tige mère. Ce croissant se détache de la tige mère lorsqu'on exerce une traction violente sur la tige axillaire (fig. 75, pl. VII).

Une coupe longitudinale pratiquée dans un nœud souterrain, perpendiculairement au plan de symétrie de la feuille, rencontre les faisceaux gemmaires sectionnés *transversalement*. Dans la figure 76, planche VII, on remarquera trois de ces faisceaux à gauche et six à droite. L'un d'eux, reproduit par la figure 97, planche XII, à un grossissement plus fort, montre du bois et du liber, séparés par une zone cambiale, un massif scléreux en avant du bois et un autre en arrière du liber.

Lorsque la tige axillaire est vigoureuse, les faisceaux de la ceinture gemmaire contiennent une forte quantité de tissus secondaires libéro-ligneux, comme on peut en juger par la figure 77, planche VII, qui est un dessin d'ensemble d'une coupe longitudinale faite dans la région où la tige se relève pour sortir du sol : le nœud $^{n+2}$ y présente une ceinture gemmaire fort épaisse dans laquelle les faisceaux sont disposés en rayonnant autour d'un centre.

§ 2. LES FEUILLES.

CARACTÈRES EXTÉRIEURS.

La forme des feuilles varie suivant leur position sur la tige. Aux nœuds de la portion souterraine drageonnante des plantes adultes, les feuilles sont rudimentaires, réduites à leur gaine; les stipules font défaut (pl. XIII, fig. 101).

Le long de la portion souterraine qui se relève pour sortir de terre, les feuilles passent insensiblement de la forme précédente à la feuille pérulaire avec pétiole et limbe rudimentaires au sommet de la gaine. Les stipules manquent encore (fig. 102).

Sur la portion aérienne inférieure, les feuilles atteignent leur maximum de complication et de développement. Elles se composent d'une gaine assez développée avec deux stipules adnées (fig. 103), d'un pétiole et d'un rachis primaire portant six paires de rachis secondaires, les deux inférieurs eux-mêmes quatre fois subdivisés. Il y a des stipelles aux premiers nœuds du rachis primaire, des stipellules aux premiers nœuds des rachis secondaires. Ces feuilles, les plus complètes, comptent jusqu'à cent trente-sept folioles.

Ce type foliaire se réduit graduellement à mesure qu'on s'élève le long de la tige dans sa portion aérienne supérieure. On rencontre ainsi des feuilles bractéiformes ([1]), pourvues de stipules, d'un rachis primaire avec stipelles, de rachis secondaires avec stipellules et de quarante à cinquante folioles; le pétiole n'existe pas, la première paire de rachis secondaires se détachant immédiatement au-dessus des stipules (fig. 108). On passe ensuite insensiblement aux bractées réduites à cinq, trois et même une seule foliole (fig. 109 et 110); ces bractées n'ont pas de pétiole, mais possèdent deux stipules.

Dans les tiges primaires de la plante adulte, le métamorphisme foliaire est donc progressif depuis l'insertion de ces tiges jusqu'à leur portion aérienne inférieure; il est régressif dans toute l'étendue de la portion aérienne supérieure.

([1]) Voir note au bas de la page 33.

STRUCTURE.

A. PARCOURS DES FAISCEAUX.

Nous nous bornerons à décrire les principaux niveaux d'une feuille complète de la portion aérienne inférieure.

La section transversale à la base de la gaine (pl. XIV, fig. 113) présente quinze faisceaux :

$$m''m'm\ m'Lii'Mi'iLm'm\ m'm''.$$

Un peu plus haut, deux faisceaux m''' se détachent des faisceaux m'' les plus voisins des bords ; ces faisceaux m''' se ramifient plusieurs fois et se perdent dans les deux stipules.

En s'élevant dans la gaine, tous les faisceaux subissent une sorte de dédoublement qui a pour effet de produire des faisceaux internes en face des faisceaux externes. Toutefois le nombre des premiers est toujours moindre que celui des seconds, à cause des anastomoses nombreuses qui s'opèrent à la face interne du pétiole beaucoup moins large que la face externe. En même temps, une lacune centrale apparait entre les deux séries de faisceaux. La coupe représentée par la figure 114 a été faite au niveau où commencent ces dédoublements et ces anastomoses : des traits y indiquent la provenance des faisceaux internes. Les mêmes faits se répètent progressivement à travers les faisceaux marginaux (m, m', m''). A la base du pétiole (fig. 115), il y a déjà quarante-deux faisceaux de diverses grosseurs rangés autour d'une cavité centrale. On remarque en outre à ce niveau les deux stipules adnées et vascularisées aux dépens des deux faisceaux m'''. Plus haut, le faisceau M subit à son tour un dédoublement ; d'autres ramifications et des anastomoses nombreuses donnent au pétiole sa structure caractéristique (fig. 116). On y reconnaît une cinquantaine de faisceaux dont un faisceau O issu d'anastomose.

Dans le premier entre-nœud du rachis primaire qui fait suite au pétiole, on retrouve vingt-quatre faisceaux circulairement

disposés autour d'une cavité centrale, gros et petits alternant (fig. 117) :

$$m''m'm''m\ m''m'm''Li'ii'Mi'ii'Lm''m'm''m\ m''m'm''O.$$

Dans les entre-nœuds suivants du même rachis, le nombre des faisceaux diminue de plus en plus.

Insertion des rachis secondaires et des stipules (fig. 118). — Au premier nœud du rachis primaire, chacun des rachis secondaires débute par une vingtaine de faisceaux insérés sur les faisceaux L$m'mm'$ du pétiole. Les stipelles externes reçoivent quelques faisceaux intermédiaires du pétiole ($i'ii'$). Les stipelles internes reçoivent de même quelques faisceaux issus des faisceaux marginaux du pétiole ($m''m'''$). Ce premier nœud du rachis est extrêmement compliqué : la figure 118 est un schéma. Les deux figures 119 et 120 reproduisant, au contraire, très exactement l'aspect de deux des coupes, donneront une idée des difficultés que présente l'étude de cette région.

Aux deuxième, troisième, quatrième, etc., nœuds du rachis primaire, les rachis secondaires contiennent de moins en moins de faisceaux. L'insertion de ces rachis secondaires et de ces stipelles se fait d'une façon analogue à ce qui vient d'être décrit.

Insertion des rachis tertiaires et des stipellules. — Cette insertion se fait encore de la même manière, mais simplifiée en ce que le nombre des faisceaux est encore plus réduit. Les pétiolules contiennent cinq faisceaux :

$$m\mathrm{LML}m,$$

les deux marginaux pouvant parfois s'anastomoser en un seul (fig. 121).

B. HISTOLOGIE.

Une coupe transversale au milieu du limbe de la feuille adulte montre :

1° *L'épiderme interne*, sans stomates, formé de cellules tabulaires sans chlorophylle, à cuticule épaisse et lisse. Vues de face,

ces cellules ont des contours sinueux. De distance en distance, on retrouve l'insertion d'un poil glanduleux (fig. 122).

2° *L'épiderme externe* à cuticule beaucoup plus mince, avec nombreux stomates formés de deux cellules de bordure au niveau de la surface et surmontés de deux replis saillants de la cuticule. Vu de face, il présente des cellules à contours sinueux, si ce n'est au-dessus des nervures où les parois sont rectilignes, épaisses et ponctuées. Les stomates arrondis n'ont pas de cellules annexes (fig. 123).

3° *Le mésophylle*, constitué par une dizaine d'assises de cellules chlorophylliennes. Les deux assises supérieures, formées de cellules à section carrée plus petites que celles des autres assises, méritent à peine le nom de palissade. Les huit autres assises, formées de cellules irrégulières à grands méats, constituent un mésophylle spongieux. La chlorophylle est régulièrement répartie dans tout le mésophylle. Il n'y a dans la feuille adulte ni glandes ni cristaux.

4° *Les nervures* ne présentent rien de particulier. Un massif de sclérenchyme se trouve entre chaque faisceau et l'épiderme externe dont les cellules ont des parois épaisses et ponctuées.

C. VALEUR MORPHOLOGIQUE DES STIPULES, DES STIPELLES ET DES STIPELLULES.

M. Trecul [1] a soutenu l'homologie de la gaine des monocotylées et des stipules des dicotylées. « Il y a, dit-il, la plus grande analogie entre la formation des stipules foliaires et celle d'une gaine; cette analogie est telle qu'il est impossible de les distinguer dans le principe. »

M. Van Tieghem [2], au contraire, fait de la gaine et des stipules deux choses bien distinctes. Pour ce botaniste, « la gaine

[1] *Mémoire sur la formation des feuilles*, dans les ANNALES DES SCIENCES NATURELLES, Botanique, 3e série, t. XX, 1853, p. 288.

[2] *Traité de Botanique* (1884), p. 308.

est la base dilatée par où la feuille s'attache au pourtour du nœud en embrassant plus ou moins la tige, à la façon d'un étui ». Quant aux stipules, il les considère « comme le résultat d'une ramification très précoce du pétiole ou du limbe à sa base et dans son plan. C'est à proprement parler, dit-il, une première paire de folioles, différenciées le plus souvent par rapport au limbe primaire et par rapport aux autres folioles, s'il s'en produit, et adaptées à une fonction spéciale. Toute feuille pourvue de stipules est donc en réalité une feuille composée. Il suffit pour s'en convaincre de remarquer que les nervures des stipules vont toujours s'attacher à peu de distance au-dessus de la surface de la tige, aux nervures du pétiole ou du limbe primaire dont elles ne sont que des ramifications ».

M. Lecoyer, dans sa Monographie des *Thalictrum* (1), considère les expansions latérales du pétiole engainant de la feuille des Pigamons, comme des oreillettes et il adopte l'expression de gaine auriculée, considérant, avec Lamarck et de Candolle, le pétiole des *Thalictrum*, comme exstipulé dans le genre entier.

Dans nos recherches sur le *Thalictrum flavum*, nous avons recueilli un certain nombre d'observations qui jettent un peu de jour sur cette question si controversée de l'origine de la gaine, des stipules et des stipelles.

I. Gaine et stipules.

1. *Feuilles de la tige principale.* — Les premières feuilles de la tige principale, celles à trois folioles, présentent une gaine assez courte (5 millimètres environ) surmontée de deux petites expansions non vascularisées (pl. IV, fig. 43). Cette gaine est parcourue dans toute son étendue par trois faisceaux LML qui ne s'y divisent pas (fig. 45).

Les feuilles qui précèdent la pérule, celles à neuf folioles, ont une gaine notablement plus longue (1 centimètre environ)

(1) *Loc. cit.*

présentant encore deux expansions latérales non vascularisées (pl. V, fig. 57). Cette gaine reçoit de la tige onze faisceaux :

*m'm m'*L*i*M*i*L*m'm m'*

qui s'unissent entre eux de distance en distance par des anastomoses obliques. Un des faisceaux, le faisceau *m'* le plus voisin du bord droit, se perd dans l'une des expansions latérales (fig. 62).

2. *Feuilles de la tige primaire.* — Les feuilles des tiges souterraines drageonnantes sont petites (2 centimètres environ), écailleuses, réduites à la portion engainante des feuilles complètes (pl. XIII, fig. 101). Il n'y a pas d'expansions latérales. Cette feuille rudimentaire reçoit de la tige onze faisceaux :

*m'm m'*L*i*M*i*L*m'm m'*

qui, dans l'étendue de la gaine, s'unissent par quelques anastomoses obliques et vont se fusionner à son sommet.

Les feuilles pérulaires de la portion souterraine qui se relève pour sortir de terre ne diffèrent des précédentes que par la présence d'un pétiole et d'un limbe rudimentaires au sommet de la gaine. Pour le reste, même forme, mêmes dimensions et même nervation. Les stipules manquent encore (fig. 102).

Les feuilles de la portion aérienne inférieure de la tige sont complètes : elles possèdent une gaine assez développée et deux stipules adnées au pétiole. Une des premières feuilles de cette portion reçoit quatorze faisceaux (fig. 103) :

*m'm m'*L*i'ii'*M*i'i*L*m'm m'*.

Les deux faisceaux *m'* les plus voisins des bords se rendent directement dans les stipules. Une autre feuille (fig. 104) reçoit quinze faisceaux :

*m''m'm m'*L*ii'*M*i'i*L*m'm m'm''*.

La nervation de ses stipules consiste en deux faisceaux *m''' qui*

se détachent des faisceaux pétiolaires les plus rapprochés des bords. Enfin la feuille la plus complète (fig. 105) reçoit vingt faisceaux :

$$m'''m''m'm''m\ m'm''\mathrm{L}ii'\mathrm{M}i'i\mathrm{L}m'm\ m''m'm''m'''.$$

La nervation des stipules consiste en deux faisceaux m^{IV} *qui se détachent,* ici aussi, *des faisceaux pétiolaires.*

Les feuilles de la portion aérienne supérieure (fig. 106) montrent une gaine plus courte surmontée de deux stipules légèrement laciniées, scarieuses à leur extrémité et vascularisées. La nervation de ces stipules est identique à celle de la feuille représentée par la figure 104.

Les feuilles bractéiformes ont une gaine presque nulle, mais, par contre, les stipules sont larges, scarieuses dans leur moitié supérieure, fortement laciniées et vascularisées. On compte à la base neuf faisceaux :

$$m\ m'\mathrm{L}i\mathrm{M}i\mathrm{L}m'm$$

dont les m fournissent bientôt en dehors deux m' qui se ramifient plusieurs fois et se perdent dans les stipules (fig. 107).

Les bractées à trois folioles n'ont plus de gaine visible; les stipules grandes, laciniées et scarieuses ne sont pas vascularisées. Ces bractées prennent à la tige trois faisceaux LML qui ne se divisent qu'à l'insertion des folioles (fig. 109).

Les bractées à une foliole n'ont pas de gaine, mais possèdent des stipules très grandes et en tout semblables à celles des bractées précédentes. Elles sont parcourues par un seul faisceau M indivis (fig. 110).

En résumé, la gaine et les stipules présentent les modifications suivantes :

1° Dans les feuilles les plus petites des plantules, la gaine, relativement importante, est surmontée de deux petites saillies purement cellulaires, une de chaque côté du pétiole.

2° Dans les feuilles les plus amples de la plante adulte, il y a une gaine courte ou plutôt un pétiole simplement élargi à sa base et deux stipules relativement grandes. Celles-ci reçoivent des faisceaux fournis par les faisceaux marginaux du pétiole.

3° Entre ces deux dispositions, une série d'intermédiaires montrent l'atrophie graduelle de la gaine et le développement de plus en plus marqué des stipules.

4° Dans les bractées, la gaine est nulle ; les stipules très grandes ne sont plus vascularisées, mais l'absence de faisceaux est une conséquence de la nature scarieuse de ces stipules.

Si nous négligeons les bractées à stipules scarieuses et les premières feuilles relativement peu développées, comme celles de la figure 103, nous pouvons dire que « les nervures des stipules vont toujours s'attacher à peu de distance au-dessus de la surface de la tige, aux nervures du pétiole » (voyez fig. 104, 105, 106 et 107). Il nous semble donc impossible de douter encore de l'existence de vraies stipules dans les *Thalictrum*. De plus, il est non moins évident que les stipules des *Thalictrum* procèdent de la gaine. D'où cette conclusion que nous croyons pouvoir tirer, contrairement à l'opinion de M. Van Tieghem, que les stipules des Dicotylées sont homologues à la gaine des Monocotylées.

II. Stipelles.

On les observe principalement sur les feuilles des régions aériennes inférieure et moyenne (feuilles les plus amples); encore ne prennent-elles tout leur développement qu'à la base des trois premières paires de rachis secondaires, c'est-à-dire aux trois premiers nœuds du rachis primaire. A chacun de ces nœuds elles se trouvent au nombre de quatre, dont deux à la face interne (supérieure), assez souvent concrescentes et deux à la face externe (inférieure), toujours libres. Les internes, toujours plus développées que les externes, se présentent ordinairement sous l'aspect d'une lame unique à bords laciniés, recevant à droite et à gauche des faisceaux des marginaux. Les externes, au contraire, étroites et lancéolées, reçoivent des faisceaux des intermédiaires (fig. 111).

Lorsqu'elles sont peu développées, les stipelles se montrent comme de petites saillies non vascularisées; c'est le cas pour

celles insérées aux nœuds supérieurs du rachis primaire des grandes feuilles.

Les feuilles de la tige principale sont même complètement dépourvues de stipelles, comme M. Massart l'a constaté ([1]).

III. Stipellules.

Les stipellules sont plus rares encore que les stipelles; on ne les trouve guère qu'aux deux premiers nœuds des rachis secondaires des feuilles les plus développées de la plante adulte. Les stipellules internes semblent exister seules. Elles sont pour le reste semblables aux stipelles (fig. 112).

D. PRÉFEUILLE.

La préfeuille, dans le *T. flavum,* est toujours une gaine dépourvue de pétiole et de limbe. Le nombre de ses faisceaux est variable : trois, cinq, sept, neuf ou quinze. Le nombre est d'autant plus grand que la tige mère à l'endroit considéré comprend elle-même un plus grand nombre de faisceaux. Les faisceaux d'une préfeuille sont toujours symétriquement disposés des deux côtés du médian. La position de la préfeuille est tantôt à droite, tantôt à gauche du plan médian de la feuille à l'aisselle de laquelle le bourgeon a pris naissance (fig. 124 et 125).

([1]) *La récapitulation et l'innovation en embryologie végétale.* (Bulletin de la Société royale de botanique de Belgique, t. XXIII, 1894, p. 178.)

§ 3. LES RACINES.

CARACTÈRES EXTÉRIEURS.

La plante adulte, comme la plante à la fin de la seconde année de végétation, ne porte que des racines adventives insérées en grand nombre aux nœuds de la portion souterraine des tiges. Ces racines, longues de 40 centimètres environ, larges de 2 à 3 millimètres, sont cylindriques, jaunâtres, garnies de radicelles et de papilles abondantes, courtes et serrées.

STRUCTURE.

Le bois primaire se compose de quelques trachées disposées en quatre pôles centripètes (B^1). Le liber primaire, reporté vers l'extérieur, se présente sous l'aspect de quatre massifs assez nettement délimités (L^1). Les fibres primitives qui forment la partie centrale du faisceau multipolaire primaire sont totalement ou partiellement sclérifiées (voyez *Fib. prim. sclér.* dans la fig. 100, pl. XII).

La zone génératrice est en partie cambiale et en partie cambiforme. Les quatre arcs cambiaux (*Cb.*) alternant avec les pôles ligneux primaires ont produit du bois secondaire (B^2) et du liber secondaire (L^2). Les quatre ponts cambiformes (*Cbf.*) situés en face des pôles ligneux primaires ont engendré, en même temps, du tissu fondamental secondaire interne fortement sclérifié et du tissu fondamental secondaire externe très abondant et parenchymateux (voyez Tf^{2i} et Tf^{2e} dans les figures 100 et 100bis). Dans certaines racines, le Tf^{2i} fait défaut [1].

[1] Les tissus que nous désignons ici par les termes Tf^{2e} et Tf^{2i} ont été diversement compris.

En 1881, M. L. Olivier, dans ses *Recherches sur l'appareil tégumentaire des racines* (Ann. sc. nat., VI, 11, p. 119), a soutenu l'existence, dans les racines de *Thalictrum* et d'autres plantes, d'un « parenchyme tégumentaire

L'endoderme, qui constitue actuellement la surface de la racine, montre ses cellules étirées tangentiellement et recloisonnées radialement une dizaine de fois. Tout le parenchyme cortical a été décortiqué et il n'y a pas de suber.

Les racines adventives de la plante adulte, comme celles de la plante au stade V sont insérées, dans la première moitié du nœud, à droite et à gauche de chaque faisceau foliaire; elles sont unies par leurs tissus libéro-ligneux en même temps au faisceau foliaire et au faisceau réparateur le plus voisin (fig. 88, pl. IX, 94 et 98, pl. XII).

Certaines racines ne présentent que trois pôles.

secondaire *centrifuge* ». Parmi les figures qui accompagnent son travail, aucune n'est destinée à la démonstration de cette affirmation.

En 1885, M. P. Marié, dans ses *Recherches sur la structure des Renonculacées* (p. 32), a décrit, dans les racines du *T. Aquilegifolium*, un « péricycle devenu générateur et détachant des segments en dedans seulement, pour donner un parenchyme cortical secondaire à l'aspect légèrement collenchymateux ». D'après l'explication de la figure 11 donnée à la page 172, ce parenchyme cortical secondaire a pris naissance par le « cloisonnement *centrifuge* du péricycle ».

Le parenchyme tégumentaire secondaire de M. Olivier et le parenchyme cortical secondaire de M. Marié ne sont autre chose que notre Tf^{2e} et nos figures 100 et 100bis montrent que ce Tf^{2e} est issu du cambiforme *Cbf.* de la même manière que le liber secondaire (L') est issu du cambium (*Cb.*), c'est-à-dire en direction *centripète.*

D'autre part, M. Marié (p. 37) a signalé des « amas scléreux en dehors des lignes vasculaires primaires », comme si ces amas étaient primaires. En réalité, il s'agit d'un tissu secondaire à développement centrifuge, comme le bois secondaire : c'est notre Tf^{2i} (fig. 100bis).

En 1889, M. G. Bonnier (*loc. cit.*, p. 341) a décrit encore du « sclérenchyme péricyclique » dans les racines grêles du *T. tuberosum.*

M. C.-Eg. Bertrand avait cependant indiqué, dès 1880, dans sa *Théorie du Faisceau*, la véritable nature des deux tissus dont il est ici question; il avait démontré (pp. 57, 58 et fig. 50, 51) leur origine commune au dépens d'un arc de cambiforme à fonctionnement double comme un arc de cambium. (Concernant la nomenclature histologique, voyez la note au bas de la page 17 du présent mémoire.)

Les radicelles ont un faisceau à deux, trois ou quatre pôles et sont toujours réduites à leurs tissus primaires.

Les racines adventives et leurs radicelles présentent parfois, de distance en distance, des renflements de diverses grosseurs qui pourraient faire croire à un phénomène de tubérisation. Il n'en est rien cependant, car ce sont là des hypertrophies ayant pour cause la présence d'un acarien qui vit en parasite dans les racines [1].

[1] M. Lecoyer (*loc. cit.*, p. 109) indique chez les *Thalictrum foetidum* et *minus* une hypertrophie accidentelle des racines adventives qui pourrait bien avoir la même origine.

RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS.

EMBRYON (p. 7.)

Situé dans l'angle supérieur de l'akène, l'embryon du *Thalictrum flavum* est fort petit (longueur, $0^{mm},4$; largeur, $0^{mm},2$). Celui du *Ranunculus arvensis* est logé dans l'angle inférieur de l'akène et est sensiblement plus gros (longueur, $0^{mm},8$; largeur, $0^{mm},3$).

Le parenchyme cortical constitué par onze assises de cellules dans l'embryon de la Renoncule des champs, n'en compte que sept dans le Pigamon jaune (fig. 1 à 5).

PLANTULES.

Stade I (p. 10). — Au début de la germination, l'axe hypocotylé présente, dans toute son étendue, deux trachées marquant les pôles d'un faisceau bipolaire à développement centripète. Un peu plus tard, une trachée se différencie dans chaque faisceau cotylédonaire dont le bois se différenciera ultérieurement en direction centrifuge. Quelques millimètres au-dessous de l'insertion des cotylédons, on voit nettement le contact entre les trachées centripètes et les trachées centrifuges (fig. 6 à 11).

Stade II (p. 12). — La structure est la même dans les deux espèces comparées. Le diamètre total de la section au milieu de l'axe hypocotylé est un peu plus faible dans le *Thalictrum*, les faisceaux libéro-ligneux y sont un peu moins gros. Les cellules du *Thalictrum* sont notablement plus grandes, mais elles sont beaucoup moins nombreuses que celles du *Ranunculus*.

Le contact entre les faisceaux foliaires et les faisceaux réparateurs A, B, C, D d'une part, et le faisceau bipolaire de l'axe hypocotylé d'autre part, s'effectue dans les deux espèces par des trachées courtes sur une région assez étendue dans le nœud cotylédonaire (fig. 12 à 21).

Le faisceau bipolaire de la racine n'est que la continuation de celui de l'axe hypocotylé.

Stade III (p. 15). — L'axe hypocotylé, plus épais, est fortement ridé transversalement. Ces rides sont le résultat d'une déchirure longitudinale et annulaire dans le parenchyme cortical, déchirure qui a permis aux couches extérieures détachées sur toute la longueur de l'axe hypocotylé, mais fixées encore aux autres tissus par leurs deux extrémités, de s'allonger par le fait de la tension longitudinale (fig. 22 à 26).

Les cellules de l'endoderme, dont le protoplasme est vivement coloré en jaune, se sont fortement accrues puis recloisonnées radialement et transversalement un certain nombre de fois (fig. 27).

Comme dans le *Ranunculus*, les faisceaux de la tige principale débutent à ce stade, dans le nœud cotylédonaire, par six faisceaux (déjà indiqués au stade II) dont deux médians destinés aux feuilles 1 et 2 et quatre réparateurs A, B, C, D. Mais, dans l'espèce qui nous a occupé, ni le A ni le B ne se bifurque pour donner naissance à un cinquième réparateur (fig. 30 et 32).

Dans le *Thalictrum*, il a été constaté, tant parmi les plantules que parmi les plantes adultes, un nombre sensiblement égal d'individus dextres et d'individus senestres.

Ordinairement, les plantules ne sont ni plus larges, ni plus développées à la face antérieure qu'à la face postérieure, et il n'est guère possible de déterminer le cotylédon antérieur sans avoir recours à l'observation de la spire phyllotaxique.

Tandis que les cotylédons du *Ranunculus* ne présentent pas de glandes, ceux du *Thalictrum*, comme ceux de l'*Urtica dioïca* (1), montrent à leur sommet une glande à eau destinée à remédier à l'excès de tension dans l'appareil aquifère (fig. 33 et 40). Les stomates aérifères ne garnissent que la face externe (inférieure) du cotylédon. Au-dessus de la glande à eau, une douzaine de stomates aquifères béants existent sur la face interne de l'organe (fig. 41 et 42).

(1) M. A. Gravis, *loc. cit.*

Le pétiole cotylédonaire et les deux faces du limbe portent des poils glanduleux peu abondants ([1]). Il n'y a pas de cristaux (fig. 39).

Les deux cotylédons reçoivent chacun deux faisceaux qui se fusionnent dès la base du cotylédon, comme c'est le cas dans le *Ranunculus;* les pôles ligneux centripètes accompagnent les faisceaux cotylédonaires dans la partie inférieure des pétioles de chaque cotylédon (fig. 37 et 38).

Les premières feuilles des plantules sont trifoliolées et présentent une gaine surmontée de deux petites proéminences latérales non vascularisées ; il y a des glandes à eau, des poils glanduleux peu abondants, des stomates dépourvus de cellules annexes et un mésophylle bifacial ; pas de cristaux (fig. 43 à 50).

Vers la fin de la première saison, la plantule s'enfonce graduellement en terre. Cet enfoncement, qui a pour effet de plonger dans le sol, afin de les abriter, les premiers nœuds de la tige principale, est le résultat d'un raccourcissement des portions suffisamment âgées de la racine principale, des racines adventives et des radicelles; ce raccourcissement est provoqué par une augmentation de la turgescence de ces organes (fig. 51).

Stade IV (p. 27). — Pendant la première année, la plante développe successivement des segments caulinaires et des feuilles de plus en plus amples. La tige principale comprend quatre portions caractérisées chacune par le nombre des faisceaux composant les traces foliaires : ce nombre varie de 3 à 9 (fig. 52 à 56).

Les feuilles qui précèdent la pérule, comptent neuf folioles et leur gaine est surmontée de deux petites proéminences latérales. Ces proéminences, qui peuvent recevoir l'extrémité d'un petit faisceau marginal, sont des stipules rudimentaires. Il n'y a plus de glandes à eau, ni de poils glanduleux (fig. 57 à 62).

Le sclérenchyme de la tige principale est remarquable par ses origines diverses (fig. 55 et 56).

Le parenchyme cortical de l'axe hypocotylé est tombé et la

([1]) M. Lecoyer (*loc. cit.*, p. 96) indique les cotylédons comme étant glabres dans tout le genre *Thalictrum*.

surface est constituée par l'endoderme à cellules recloisonnées (fig. 53).

Stade V (p. 32). — Pendant l'hiver, les plantules perdent leurs feuilles, et leur bourgeon terminal hiverne à l'abri d'une pérule; au printemps suivant, la tige principale continue son développement.

Dans une tige principale, à la fin de la deuxième année, deux régions sont à considérer : l'une correspondant à la pousse de la première année, l'autre à la pousse de la deuxième saison terminée par une inflorescence. Cette seconde pousse comprend trois portions. Le nombre des faisceaux composant chaque trace foliaire augmente d'abord de 9 à 12, puis il va en diminuant de façon que les dernières bractées ne reçoivent qu'un seul faisceau (fig. 63 à 68).

Dans la portion qui correspond aux feuilles les plus amples, les faisceaux devenus plus nombreux commencent à se disposer sur plusieurs cercles : les foliaires, reconnaissables à leur section pointue, se rapprochent plus du centre que les autres (fig. 64). L'origine des tissus sclérifiés est encore variable.

Les racines contiennent, outre du bois et du liber secondaires issus des arcs cambiaux, du Tf^{2e} engendré par des ponts de cambiforme (fig. 69 et 70).

PLANTE ADULTE.

LES TIGES.

A la fin de la seconde saison, après avoir fleuri, la partie aérienne de la tige principale s'est détruite ; la partie souterraine a hiverné et les bourgeons qu'elle portait se sont développés, au printemps suivant, les uns en tiges aériennes, les autres en tiges souterraines destinées à hiverner à leur tour.

Parcours des faisceaux (p. 38). — La tige primaire adulte comprend quatre portions caractérisées par une structure particulière. Dans chacune de ces portions, le nombre des faisceaux de la trace foliaire est toujours égal à celui des réparateurs ou groupe de réparateurs.

Ainsi, dans la portion souterraine drageonnante, sur les 20 faisceaux libéro-ligneux de la section transversale, 10 foliaires alternent avec 10 réparateurs qui fourniront les foliaires du nœud suivant (fig. 78 et 94).

Dans la portion souterraine qui se relève pour sortir de terre, sur les 59 faisceaux, 13 foliaires alternent avec 13 groupes réparateurs contenant chacun de 1 à 5 faisceaux (fig. 79 et 85).

Dans la portion aérienne inférieure, sur les 79 faisceaux, 15 foliaires alternent avec 15 groupes réparateurs de 1 à 7 faisceaux chacun (fig. 80 et 86).

Dans la portion aérienne supérieure, l'inflorescence peut contenir 60 faisceaux dont 12 foliaires alternant avec 12 groupes réparateurs de 3 à 6 faisceaux (fig. 82). Tout au sommet de l'inflorescence, il n'y a que 5 faisceaux dont un seul est foliaire ; les quatre autres réparateurs représentent les faisceaux A, B, C, D des plantules (fig. 83).

L'existence de ces quatre réparateurs semble liée à la symétrie tétramère des fleurs du *Thalictrum*, comme l'existence de cinq réparateurs AA'BCD dans la Renoncule semble en rapport avec la symétrie pentamère des fleurs de cette plante.

Divers auteurs ont insisté sur les ressemblances qu'ils ont trouvées entre l'*aspect* d'une coupe faite dans la tige des *Thalictrum* adultes et celui d'une coupe ordinaire de Monocotylée. Ces ressemblances existent tant au point de vue du parcours des faisceaux qu'au point de vue de l'histologie. Le second point sera examiné plus loin ; quant au premier, il faut tout d'abord faire remarquer que les ressemblances signalées se limitent à la portion souterraine qui se relève (fig. 79) et aux portions aériennes (fig. 80 et 82) de l'adulte. Elles proviennent :

1° Du grand nombre des faisceaux destinés à une même feuille ;

2° De la disposition des faisceaux à des distances variables du centre de la tige ;

3° Du long trajet des foliaires dans la tige, d'où résulte l'absence de véritables sympodes réparateurs.

Dans le nœud, les faisceaux foliaires pénétrant de la feuille

dans la tige s'avancent notablement vers le centre et descendent toute l'étendue d'un entre-nœud : ils sont alors situés sous les côtes et leur bois primaire forme une pointe effilée. Arrivés au nœud en dessous, ils se rapprochent de la périphérie, ne correspondent plus aux côtes et leur massif ligneux primaire s'arrondit. Après avoir descendu un deuxième entre-nœud, ils se rapprochent encore de la périphérie, descendent un troisième entre-nœud, et ainsi de suite. Leur section est alors celle d'un petit faisceau adossé à la zone externe de sclérenchyme. Il est à observer que le faisceau médian descend le plus bas et que la longueur des autres (latéraux, intermédiaires et marginaux de divers ordres) est de plus en plus réduite. Tous ces faisceaux se terminent vers le bas en se jetant sur l'un des faisceaux voisins qui est généralement un faisceau foliaire à massif ligneux arrondi.

Dans le *Thalictrum flavum* adulte, on ne retrouve donc pas les faisceaux réparateurs si nettement caractérisés du *Ranunculus arvensis*. Si, au contraire, on part de l'embryon, on constate très nettement, au bas de la tige principale du *Thalictrum*, les 4 réparateurs A, B, C, D de la Renoncule. Mais tandis que dans cette dernière plante le faisceau A ou le faisceau B se bifurque seul, dans le *Thalictrum*, les 4 faisceaux se ramifient successivement de telle façon que dans l'entre-nœud II de la tige principale, il y a déjà 8 réparateurs, savoir : A′, A″, A‴, B′, B″, C, D′, D″ (fig. 54). Plus haut, ils deviennent plus nombreux encore, mais perdent leurs caractères de réparateurs : ils se sont ramifiés et leurs branches constituent des faisceaux foliaires tels que ceux de l'adulte.

Dans les plantules du *Thalictrum*, le parcours est donc identique à celui du *Ranunculus arvensis ;* il se modifie graduellement au point d'en différer complètement. Dans les deux genres que nous comparons, les plantules semblent donc fournir plus de caractères communs que les plantes adultes.

L'étude des tiges, dans toute leur étendue et à tous les âges, est particulièrement intéressante, en ce sens qu'elle permet de rétablir l'évolution ontologique de la plante tout entière. Partant de l'embryon, nous avons constaté que les segments suc-

cessifs présentent une organisation qui va d'abord en se compliquant et ensuite en se simplifiant. Deux faits principaux résument l'évolution progressive :

1° Augmentation du nombre des faisceaux constituant la trace foliaire (3, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 15, ...) et, concurremment, augmentation du nombre des réparateurs (4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, ...);

2° Remplacement de chaque réparateur ramifié par un nombre de plus en plus grand de faisceaux, parmi lesquels on peut déterminer les foliaires d'un certain nombre de segments suivants.

L'évolution régressive se manifeste dans l'axe et les rameaux de l'inflorescence par une diminution du nombre des faisceaux tant foliaires que réparateurs, de telle sorte que, tout au sommet de la tige, la trace foliaire n'est plus composée que d'un seul faisceau, les réparateurs étant au nombre de quatre.

Insertion des tiges axillaires (pp. 42 et 43). — Cette insertion, dans les *Thalictrum*, présente des particularités qui, croyons-nous, n'ont encore été signalées dans aucune plante.

Les faisceaux gemmaires qui se rendent dans une tige axillaire feuillée sont en nombre double ou même triple du nombre des foliaires destinés à la feuille aisellière. Il sont insérés soit sur les foliaires soit sur les faisceaux voisins (fig. 94, 85, 86, 98, 95). Pour sortir, ils contournent le nœud en parcourant le parenchyme cortical presque horizontalement : ils forment ainsi une ceinture gemmaire complète (fig. 96) dont l'existence se trahit au dehors par un renflement en forme de croissant (fig. 75). Dans ce croissant, les faisceaux de la ceinture gemmaire, disposés en rayonnant autour d'un centre, développent d'abondants tissus libéro-ligneux secondaires (fig. 76, 77, 97).

Dans le *Ranunculus,* au contraire, les faisceaux gemmaires s'inclinent vers l'intérieur et traversent la moelle sans former de ceinture.

Histologie (p. 43). — Les tiges primaires comprennent une partie vivace souterraine et une partie fugace presque entièrement aérienne. Dans la première, le cambium intrafasciculaire est toujours bien apparent et les tissus secondaires sont assez développés; le parenchyme cortical est décortiqué par une

formation subéreuse. Dans la seconde partie, au contraire, le cambium est beaucoup moins actif et le parenchyme cortical persiste (fig. 87 et 89). Le sclérenchyme est partout abondant, mais d'origine fort variable.

On remarque d'ailleurs, dans tous les *Thalictrum*, une grande tendance à la sclérification des tissus les plus divers : la gaine sous-endodermique, les arcs externes adossés au liber, les arcs internes en avant du bois primaire, une zone ondulée périmédullaire, les éléments fibreux du bois secondaire, le Tf^{2i} remplaçant le bois secondaire de certains faisceaux, les sclérites des diaphragmes nodaux et du parenchyme cortical. Ces tissus sclérifiés sont répartis de la façon la plus inattendue dans la tige principale (fig. 55, 56, 63, 64) et dans la tige primaire (fig. 78, 79, 84, 87, 89, 90). Les racines contiennent également des ilots scléreux appartenant au faisceau primaire et au Tf^{2i} (fig. 100).

La sclérification est évidemment très utile au point de vue du soutien des organes aériens; mais dans les organes souterrains (rhizomes et racines), une sclérification si intense ne peut, semble-t-il, s'expliquer par la fonction mécanique. Ne pourrait-on supposer que la substance sclérogène soit un produit de sécrétion s'accumulant dans certaines cellules sacrifiées par l'organisme, comme les cellules cristalligènes. Ce produit de sécrétion trouverait généralement, dans les parties aériennes, son utilisation comme tissu de soutien. Mais dans le genre *Thalictrum*, il y aurait une sorte de dégénérescence scléreuse qui serait tout l'inverse de la dégénérescence charnue des Cactées [1].

Quant aux ressemblances histologiques qu'on a signalées entre les parties aériennes des *Thalictrum* et celles des Monocotylées, elles résultent : 1° de l'existence d'un sclérenchyme dans la zone circulaire sous le parenchyme cortical; 2° de l'extinction assez rapide du cambium et par suite du faible développement des

[1] A.-P. DE CANDOLLE, dans sa *Théorie élémentaire de la botanique,* a considéré comme des « dégénérescences » les modifications de forme et de texture de certains organes qui deviennent épineux, filamenteux, membraneux, scarieux ou charnus.

tissus secondaires. Le premier de ces caractères s'explique par la nécessité d'un appareil de soutien efficace, le second par la prompte destruction des parties aériennes après la fructification. Les faisceaux prennent en une fois tout le développement dont ils ont besoin. Bien d'autres Dicotylées herbacées présentent des dispositions identiques dans leurs tiges annuelles florifères.

LES FEUILLES.

La forme des feuilles varie suivant leur position sur la tige (p. 51). Le métamorphisme foliaire est progressif depuis l'insertion d'une tige primaire jusqu'à la portion aérienne inférieure : feuilles réduites à la gaine ; feuilles possédant, outre la gaine, un pétiole et un limbe rudimentaires ; feuilles complètes comprenant un pétiole engainant, des stipules, des rachis et des folioles. Le métamorphisme devient régressif dans toute l'étendue de la portion aérienne supérieure : feuilles bractéiformes sans gaine ni pétiole, mais possédant des stipules, des rachis et des folioles ; bractées à 5, 3 ou une seule foliole.

Le parcours des faisceaux étudié dans une des feuilles les plus complètes (p. 52) nous a renseigné sur le mode de nervation des stipules, sur le dédoublement des faisceaux vers la face interne, sur l'insertion des rachis secondaires et tertiaires (fig. 113 à 121).

Au point de vue histologique (p 53), la feuille adulte ne possède pas de glandes à eau, mais elle porte les traces de l'insertion des poils glanduleux tombés. Les stomates sont identiques à ceux de la feuille principale ; le mésophylle est à peine bifacial ; il n'y a pas de cristaux.

La recherche de la valeur morphologique des stipules, des stipelles et des stipellules chez les *Thalictrum* présente un réel intérêt (p. 54). A l'exception des premières feuilles de la plantule (fig. 43), des feuilles écailleuses du rhizome (fig. 101) et des feuilles pérulaires (fig. 102) chez l'adulte, la gaine des feuilles possède deux expansions vascularisées dont le dévelop-

pement est en raison inverse de celui de la gaine elle-même (fig. 105 à 107). Il résulte de nos observations :

1° Que ces expansions sont de véritables stipules : dans le cas de différenciation complète, leur nervation consiste, en effet, en faisceaux qui se détachent des faisceaux pétiolaires à une certaine distance au-dessus de la tige (fig. 104);

2° Que ces stipules sont des dépendances de la gaine à laquelle elles se substituent peu à peu. Il existe tous les intermédiaires entre la gaine seule, la gaine surmontée de deux proéminences purement cellulaires, la gaine munie d'expansions latérales vascularisées par des faisceaux venant directement de la tige et enfin la feuille à gaine remplacée par deux stipules recevant des faisceaux du pétiole élargi à sa base.

Les stipelles n'existent qu'aux trois premiers nœuds du rachis primaire des feuilles les plus amples. Elles ne sont vascularisées que quand elles sont suffisamment développées (fig. 108, 111 et 118). Quant aux stipellules, on ne les trouve guère qu'aux deux premiers nœuds des rachis secondaires des plus grandes feuilles. Elles sont peu développées et les externes semblent même manquer complètement (fig. 108 et 112).

La préfeuille (p. 59) est toujours une gaine dépourvue de pétiole et de limbe ; les faisceaux sont au nombre de 3 à 15. La position de la préfeuille est tantôt à droite, tantôt à gauche du plan médian de la feuille à l'aiselle de laquelle le bourgeon a pris naissance (fig 124 et 125).

LES RACINES.

La structure des racines (p. 60) est principalement caractérisée par la sclérose des fibres primitives au centre du faisceau ; par la production des ilots de tissu fondamental secondaire interne ordinairement sclérifié en face des pôles ligneux primaires (fig. 100 et 100bis); par le grand développement des parenchymes secondaires externes en dehors des zones cambiales et cambiformes; par le recloisonnement du péricycle ;

par la persistance de l'endoderme recloisonné radialement et occupant la surface après décortication du parenchyme cortical; par l'absence de suber. Les radicelles sont caractérisées par le développement restreint, parfois nul, des tissus secondaires, ainsi que par la persistance du parenchyme cortical.

La racine principale a un faisceau toujours bipolaire; les racines adventives un faisceau à trois ou quatre pôles; les radicelles un faisceau à deux, trois ou quatre pôles.

Les renflements des racines adventives et de leurs radicelles sont dus à un acarien parasite.

ERRATUM.

Page 42, première ligne, *au lieu de :* fig. 92, *lisez :* fig. 82.

ABRÉVIATIONS.

A. h.	Axe hypocotylé.
Ass. pil.	Assise pilifère.
B^1.	Bois primaire.
B^2.	Bois secondaire.
Bg.	Bourgeon.
Cb.	Cambium.
Cbf.	Cambiforme.
Ceint. gemm.	Ceinture gemmaire.
Cell. sclér.	Cellule scléreuse.
Col. sup.	Collet superficiel.
Cot.	Cotylédon.
End.	Endoderme.
Ép.	Épiderme.
ext.	externe.
faisc. cot.	Faisceau cotylédonaire
faisc. gemm.	Faisceau gemmaire.
Fe.	Feuille.
fib. prim.	Fibres primitives.
Gaine coll.	Gaine de collenchyme.
Gaine sclér.	Gaine de sclérenchyme
i.	Faisceau intermédiaire
int.	interne.
L.	Faisceau latéral.
L^1.	Liber primaire.
L^2.	Liber secondaire.
Lac.	Lacune.
M.	Faisceau médian.
m.	Faisceau marginal.
n.	Nœud.
Par. cort.	Parenchyme cortical.
Péric.	Péricycle.
Pét.	Pétiole.
Préfe.	Préfeuille.
$Rach^1$.	Rachis primaire.
$Rach^2$.	Rachis secondaire.
Rc.	Racine.
R. p.	Racine principale.
Scl.	Sclérenchyme.
sous Pil.	Assise sous-pilifère.
Sub.	Suber.
sus End.	Assise sus-endodermique.
t^1.	Première trachée.
t. C.	Trachée du faisceau cotylédonaire.
Tf^{2e}.	Tissu fondamental secondaire externe.
Tf^{2i}.	Tissu fondamental secondaire interne.
Tg.	Tige.
t. R.	Trachée du faisceau de la racine.
St.	Stipule.
St^{elle}.	Stipelle.
St^{ulle}.	Stipellule.

PLANCHES.

PLANCHE I.

EXPLICATION DE LA PLANCHE I.

Embryon dans la graine.

Fig. 1. — Milieu de l'axe hypocotylé (p. 7).

Fig. 2. — Région supérieure du même (p. 8).

Fig. 3. — Base des cotylédons et méristème de la tige (p. 8).

Fig. 4. — Milieu des cotylédons (p. 8).

Fig. 5. — Coupe longitudinale de l'embryon suivant le plan principal de symétrie (p. 9).

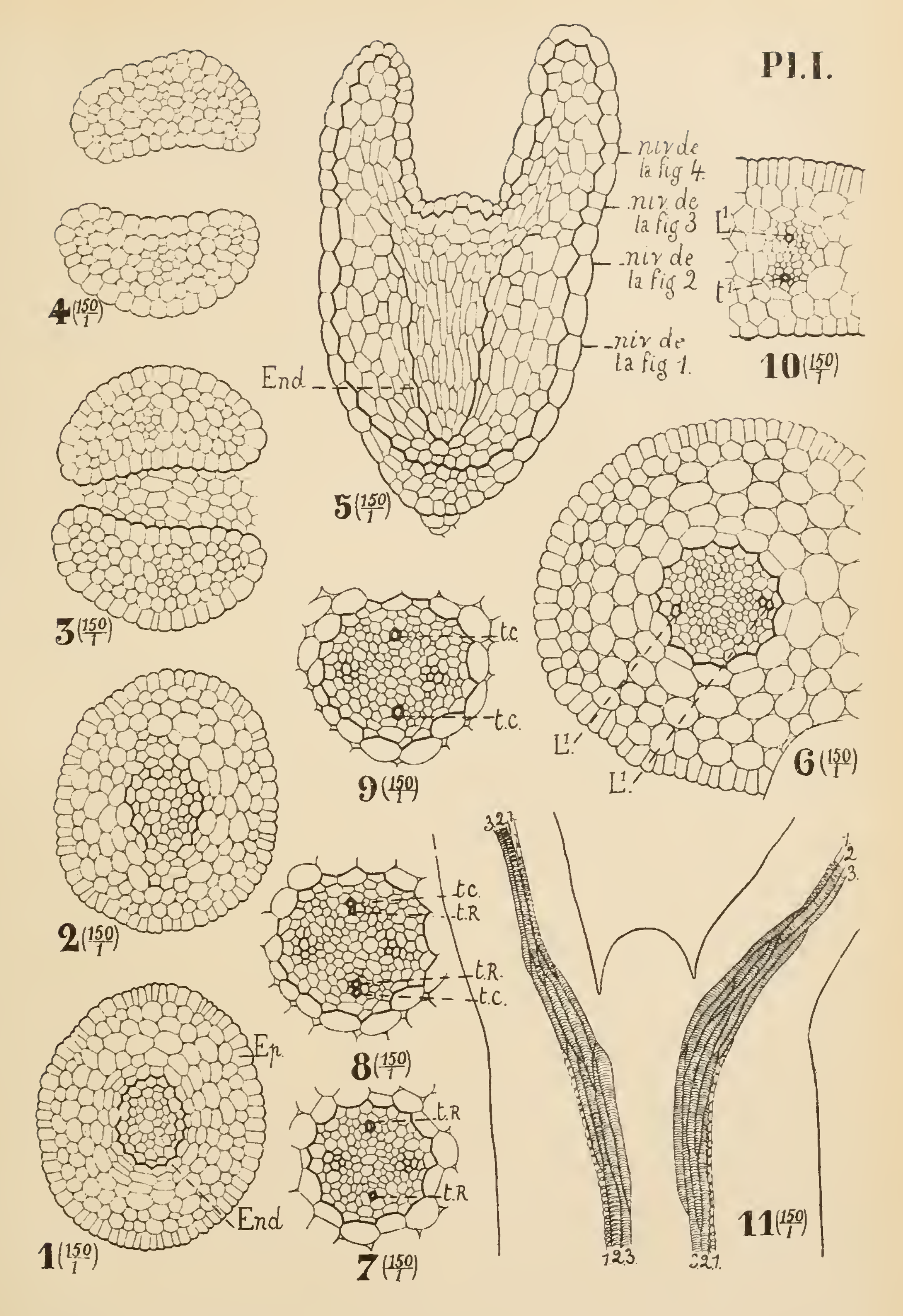
Stade I de la germination.

Fig. 6. — Milieu de l'axe hypocotylé : différenciation des pôles libériens L^1 (p. 10).

Fig. 7, 8 et 9. — Région d'insertion des cotylédons du même : contact des trachées des faisceaux cotylédonaires *t. C.* avec les trachées du faisceau de la racine *t. R.* (pp. 10 et 11).

Fig. 10. — Coupe à la base de l'un des cotylédons : faisceau unipolaire à bois centrifuge (p. 11).

Fig. 11. — Coupe longitudinale suivant le plan principal de symétrie dans une plantule un peu plus âgée : contact du bois centrifuge des cotylédons avec le bois centripète de la racine (p. 11).



THALICTRUM. Fig. 1 à 5: Embryon dans la graine.
Fig. 6 à 11: Stade I de la germination.

A. Mansion ad. nat. del.



PLANCHE II.

EXPLICATION DE LA PLANCHE II.

Stade II.

Fig. 12. — Plantule au deuxième stade de la germination (p. 12).

Fig. 13. — Milieu de l'axe hypocotylé : parenchyme cortical, épiderme et poil glanduleux (p. 12).

Fig. 14. — Endoderme vu de face (p. 12).

Fig. 15. — Milieu de l'axe hypocotylé : cylindre central (p. 12).

Fig. 16. — Coupe à la base du nœud cotylédonaire (p. 13).

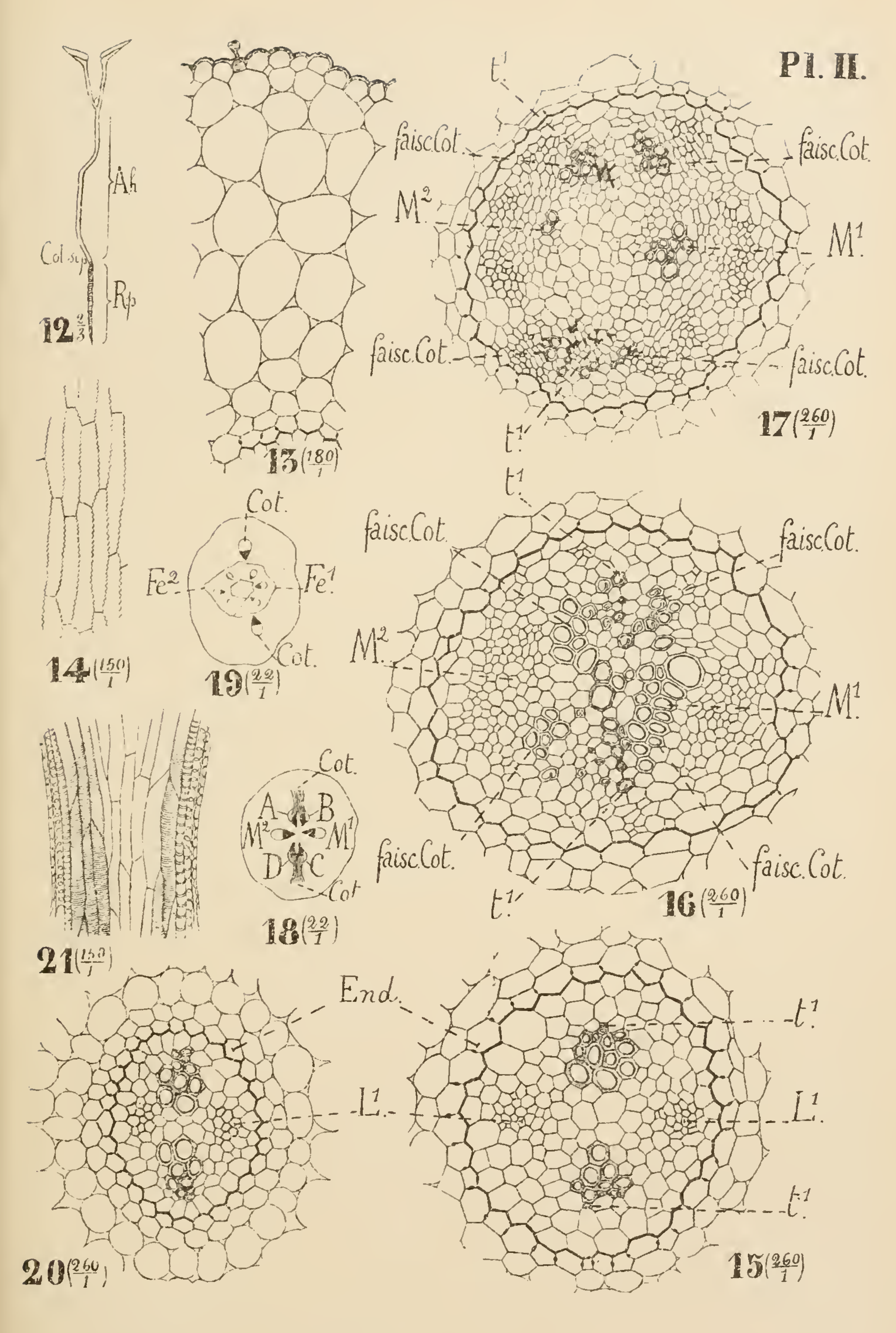
Fig. 17. — Coupe au milieu du nœud cotylédonaire (p. 13).

Fig. 18. — Ensemble au niveau de la sortie des faisceaux cotylédonaires (p. 13).

Fig. 19. — Ensemble à la base des pétioles cotylédonaires (p. 13).

Fig. 20. — Racine principale un peu au-dessous du collet superficiel (p. 14).

Fig. 21. — Coupe longitudinale vers le milieu de l'axe hypocotylé suivant le plan principal de symétrie (p. 14).



THALICTRUM. Stade II

A. Mansion ad. nat. del.



PLANCHE III.

EXPLICATION DE LA PLANCHE III.

Stade III.

Fig. 22. — Plantule au troisième stade de la germination (p. 15).

Fig. 23. — Axe hypocotylé ridé transversalement (p. 15).

Fig. 24. — Coupe transversale au milieu du même (p. 15).

Fig. 25. — Coupe longitudinale correspondante (p. 15).

Fig. 26. — Portion grossie de la coupe précédente (p. 15).

Fig. 27. — Endoderme vu de face : cellules recloisonnées (p. 16).

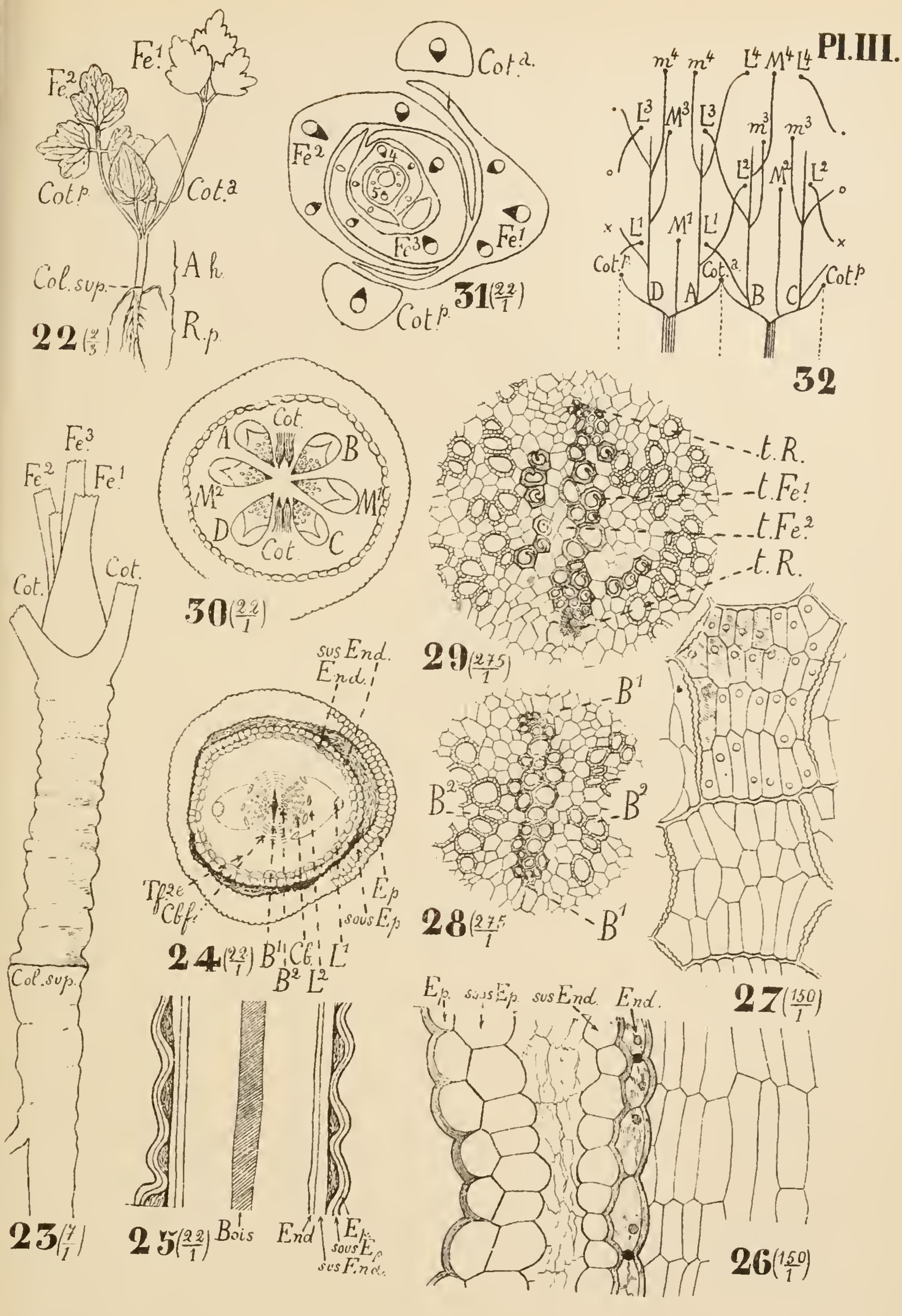
Fig. 28. — Coupe au milieu de l'axe hypocotylé (p. 16).

Fig. 29. — Coupe à la base du nœud cotylédonaire (p. 17).

Fig. 30. — Ensemble au niveau de la sortie des faisceaux cotylédonaires (p. 17).

Fig. 31. — Ensemble au niveau des pétioles cotylédonaires (p. 19).

Fig. 32. — Parcours des faisceaux dans la plantule de la figure 22 (p. 18).



THALICTRUM. Stade III.

A. Mansion ad. nat. del.

PLANCHE IV.

EXPLICATION DE LA PLANCHE IV.

Stade III (suite).

Fig. 33. — Cotylédon de la plantule de la figure 22 (p. 20).

Fig. 34, 35 et 36. — Schéma de la nervation des cotylédons (p. 20).

Fig. 37. — Faisceau dans la région inférieure d'un pétiole cotylédonaire : bois centripète écrasé contre le bois centrifuge (p. 20).

Fig. 38. — Faisceau vers le milieu d'un pétiole cotylédonaire : il n'y a plus de bois centripète (p. 20).

Fig. 39. — Coupe vers le milieu du limbe cotylédonaire (p. 20).

Fig. 40. — Coupe de la glande à eau (p. 21).

Fig. 41. — Stomates aquifères de l'épiderme interne (supérieur) au-dessus de la glande à eau (p. 21).

Fig. 42. — Stomates aérifères de l'épiderme externe (inférieur) du limbe cotylédonaire (p. 21).

Fig. 43. — Gaine et base du pétiole de la feuille [1] (p. 22).

Fig. 44. — Nervation de la feuille [1] (p. 22).

Fig. 45, 46 et 47. — Coupes dans la gaine, au milieu du pétiole et au sommet du pétiole de la feuille [1] (p. 22).

Fig. 48 et 49. — Coupes au milieu et au sommet du pétiole de la feuille [1] d'une autre plantule (p. 22).

Fig. 50. — Coupe au milieu d'une foliole (p. 22).

Fig. 51. — Plantule ayant servi aux expériences de plasmolyse (p. 23).

33 (10/1) 34 35 36 41 (150/1) 42 (150/1) 44 7/1

40 150/1 50 (85/1) 43 7/1

39 85/1 47 22/1 48 (22/1) 49 (22/1)

38 150/1 37 150/1 45 (22/1) 46 (22/1) 51 (1/3)

THALICTRUM. Stade III (suite).

A. Mansion ad. nat. del.



PLANCHE V.

EXPLICATION DE LA PLANCHE V.

Stade IV.

Fig. 52. — Plantule au quatrième stade (fin de la première année) (p. 27).

Fig. 53. — Portion d'une coupe transversale de l'axe hypocotylé après décortication : endoderme recloisonné radialement (p. 27).

Fig. 54. — Parcours de faisceaux dans la tige de la plantule de la figure 52 (p. 28).

Fig. 55. — Coupe de l'entre-nœud ^{6} de la tige principale (p. 29).

Fig. 56. — Coupe de l'entre-nœud ^{10} de la même (p. 30).

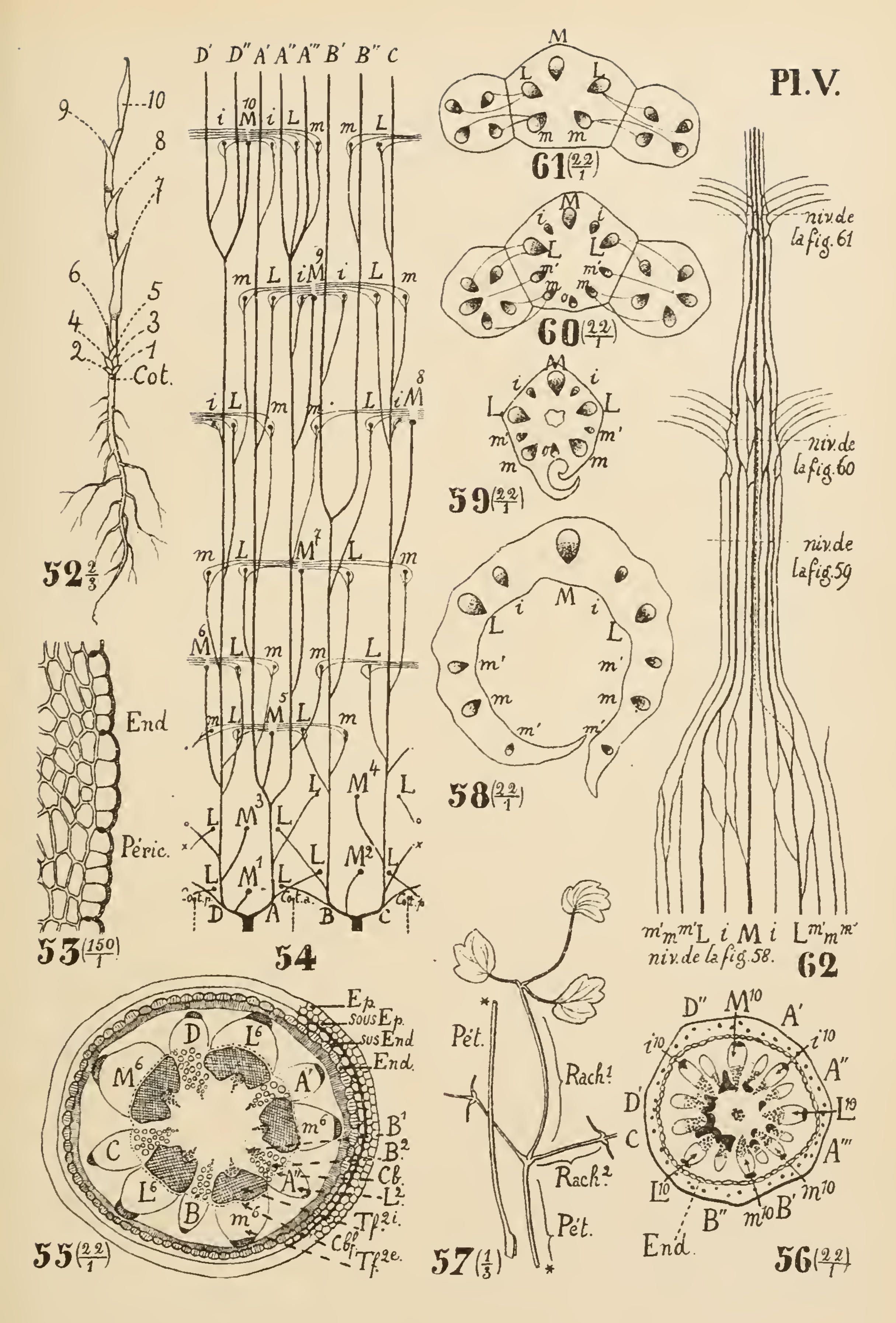
Fig. 57. — Feuille ^{9} (p. 30).

Fig. 58 et 59. — Coupes dans la gaine et dans le pétiole de la feuille précédente (p. 30).

Fig. 60. — Coupe au niveau de l'insertion de la première paire de rachis secondaires (p. 31).

Fig. 61. — Idem au niveau de la deuxième paire (p. 31).

Fig. 62. — Parcours des faisceaux dans la gaine, le pétiole et le rachis primaire de la feuille ^{9} (p. 31).



THALICTRUM. Stade IV

A. Mansion ad. nat. del.



PLANCHE VI.

EXPLICATION DE LA PLANCHE VI.

Stade V. (Plante vers la fin de la deuxième année.)

Fig. 63. — Ensemble de la coupe dans la première portion de la deuxième région de la tige principale (p. 34).

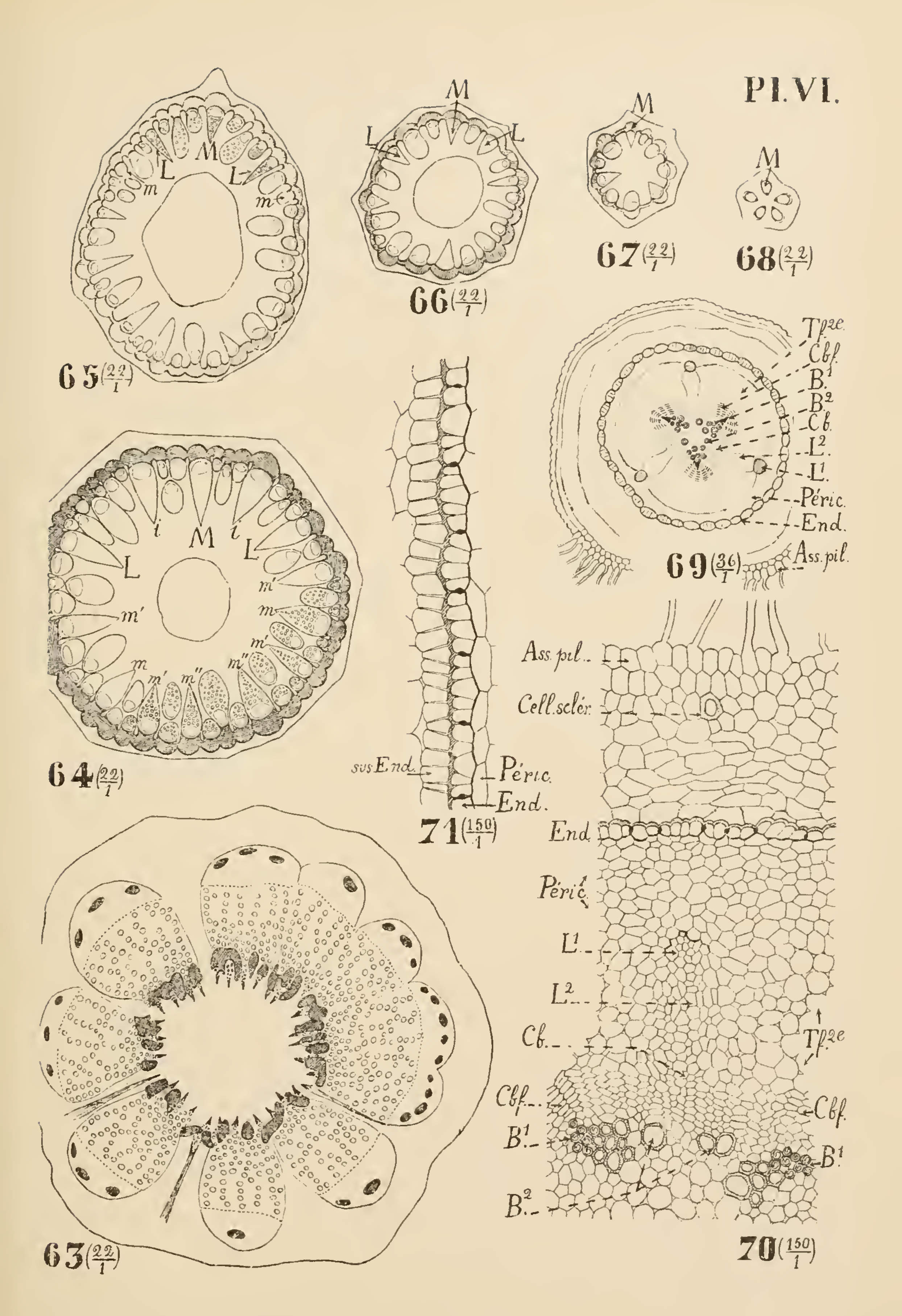
Fig. 64. — Idem dans la deuxième portion de la même (p. 34).

Fig. 65, 66, 67 et 68. — Idem dans la troisième portion, vers le bas, vers le milieu, vers le sommet et tout à l'extrémité de l'inflorescence (p. 35).

Fig. 69. — Racine adventive à trois pôles (p. 35).

Fig. 70. — Une portion de la coupe précédente grossie davantage (p. 36).

Fig. 71. — Coupe longitudinale radiale de l'endoderme recloisonné d'une racine (p. 36).



THALICTRUM. Stade V

A. Mansion ad. nat. del.

PLANCHE VII.

EXPLICATION DE LA PLANCHE VII.

Plante adulte.

Fig. 72. — Tige primaire au printemps : elle comprend une portion souterraine drageonnante, une portion souterraine qui se relève et une portion aérienne florifère dont on n'a figuré que la base (p. 37).

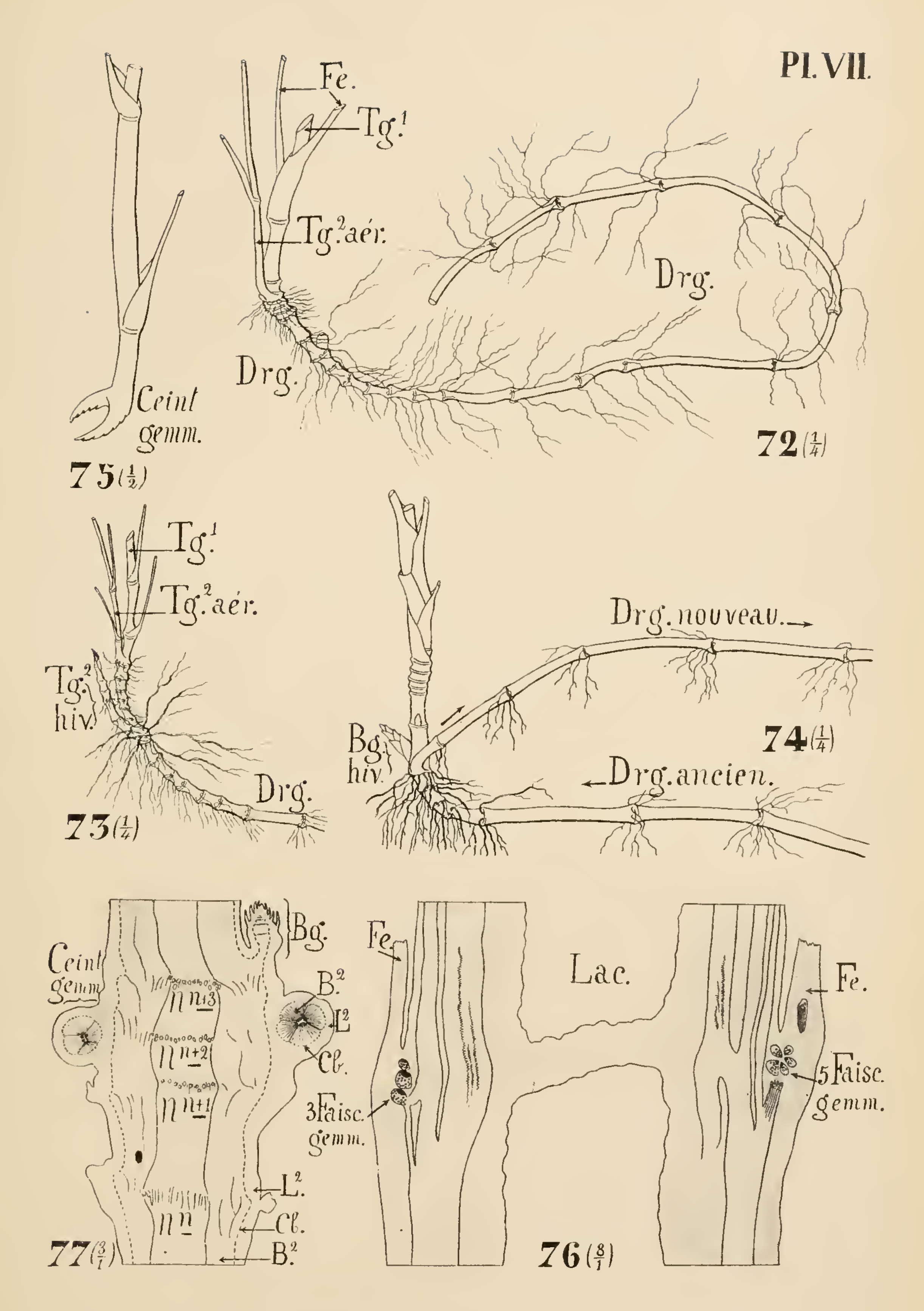
Fig. 73. — Une tige secondaire aérienne et une tige secondaire hivernante insérées sur la portion souterraine qui se relève d'une tige primaire (p. 38).

Fig. 74. — Tige primaire en automne : elle porte un gros bourgeon hivernant et un drageon nouveau insérés sur la portion souterraine qui se relève (p. 38).

Fig. 75. — Base d'une forte tige secondaire arrachée et montrant la ceinture gemmaire (p. 50).

Fig. 76. — Coupe longitudinale d'un nœud souterrain montrant l'insertion d'une feuille et les faisceaux de la ceinture gemmaire (p. 50).

Fig. 77. — Coupe longitudinale de quatre segments souterrains : au nœud $^{n+2}$, les faisceaux de la ceinture gemmaire très développée contiennent beaucoup de bois secondaire (p. 50).



THALICTRUM. plante adulte.

Caractères extérieurs et ceinture gemmaire.

A. Mansion ad. nat. del.

PLANCHE VIII.

EXPLICATION DE LA PLANCHE VIII.

Tige primaire de la plante adulte.

Fig. 78. — Portion souterraine drageonnante (entre-nœud ^{3}) : 20 faisceaux (p. 38).

Fig. 79. — Portion souterraine qui se relève (entre-nœud ^{18}) : 59 faisceaux (p. 39).

Fig. 80. — Portion aérienne inférieure (entre-nœud ^{24}) : 79 faisceaux (p. 40).

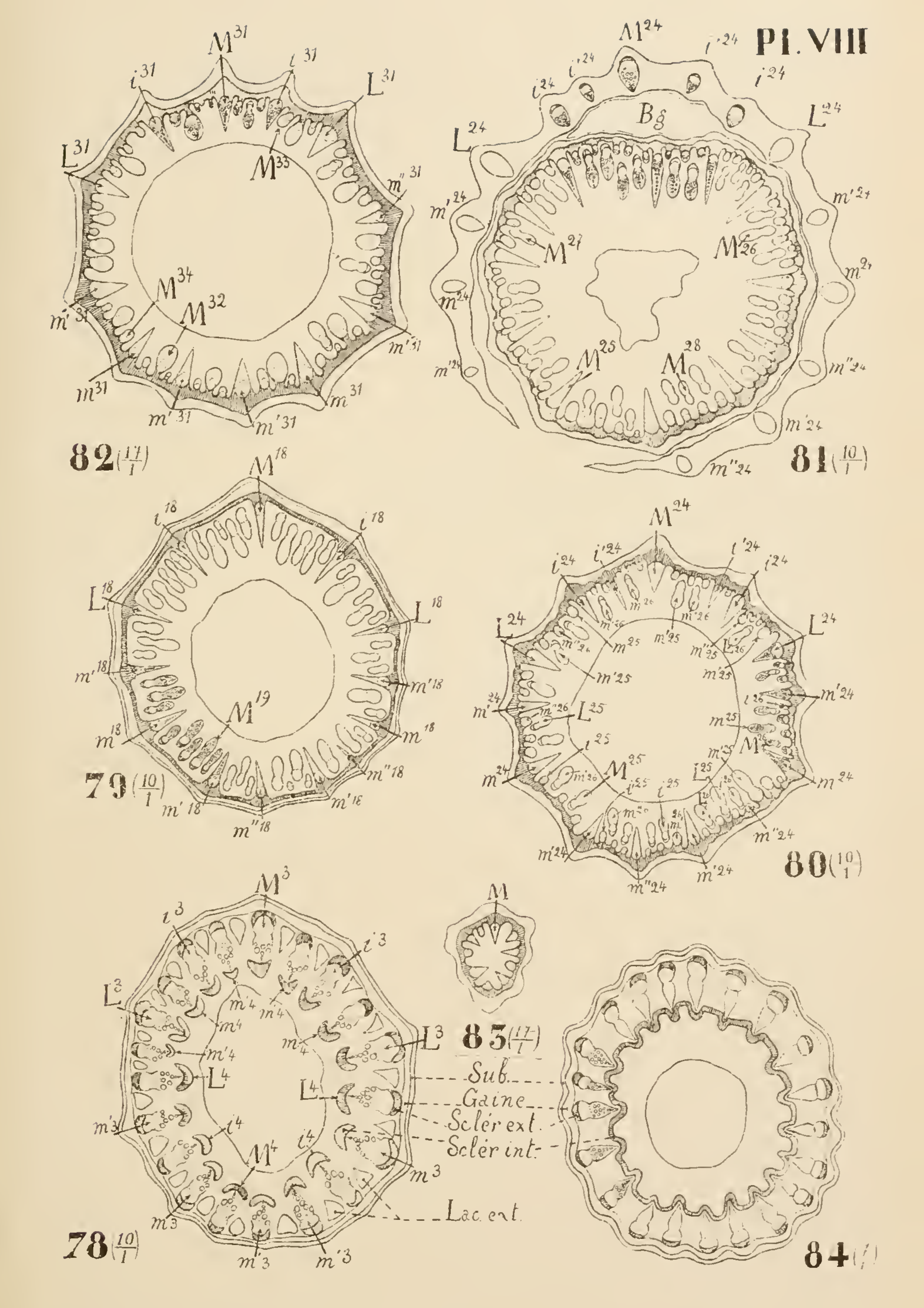
Fig. 81. — Un peu au-dessus du nœud ^{24} : tige, bourgeon axillaire et gaine de la feuille (p. 41).

Fig. 82. — Portion aérienne supérieure (entre-nœud ^{31}) : 60 faisceaux (p. 42 : le texte renseigne par erreur la figure 92 au lieu de la figure 82).

Fig. 83. — Vers le haut de l'inflorescence (entre-nœud ^{40}) : 10 faisceaux (p. 42).

Fig. 84. — Grosse tige souterraine drageonnante à comparer à la figure 78 (p. 44).

N. B. — Partout le sclérenchyme est indiqué par des hachures.



THALICTRUM. Plante adulte.

Structure de la tige primaire

A. Mansion ad. nat. del.

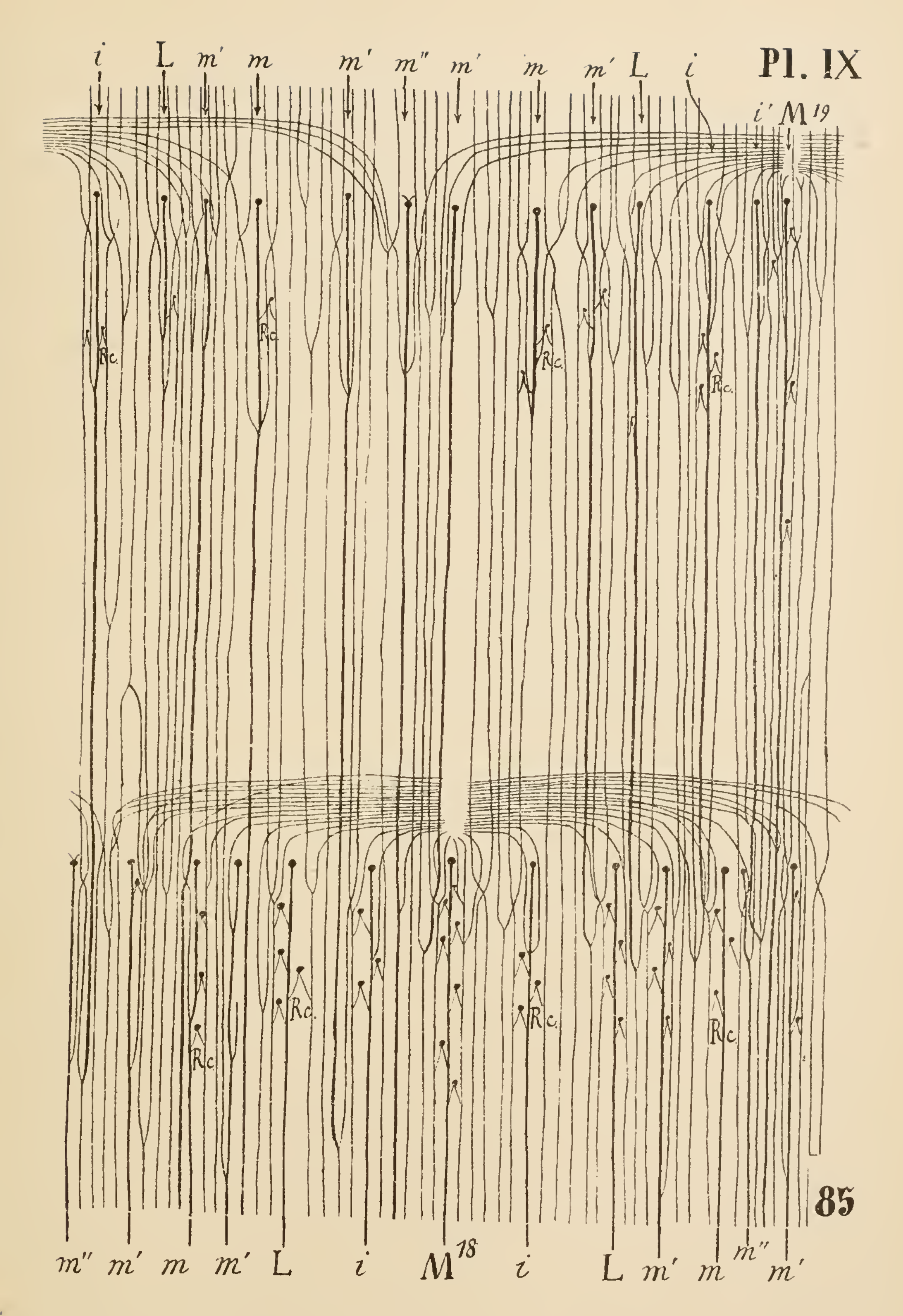


PLANCHE IX.

EXPLICATION DE LA PLANCHE IX.

Tige primaire de la plante adulte.

Fig. 85. — Parcours des faisceaux dans deux segments de la portion souterrain qui se relève : le segment inférieur (nº 18) correspond à la coupe représentée par la figure 79 de la planche précédente. On remarquera l'insertion des racines adventives (*Rc.*) et les faisceaux transversaux de la ceinture gemmaire (p. 40).



THALICTRUM. Plante Adulte.

Parcours des faisceaux dans la tige primaire.

A. Mansion ad. nat. del.

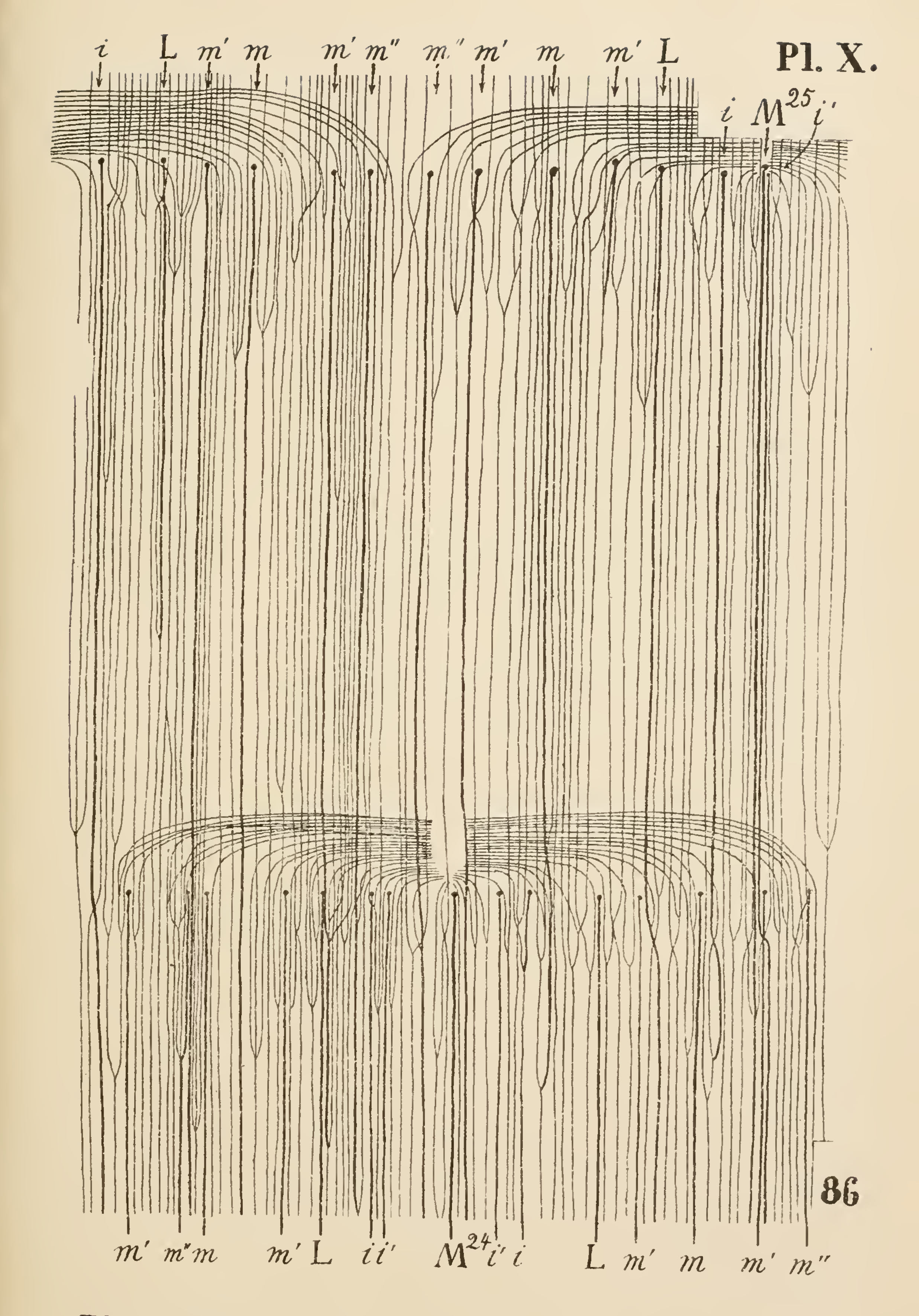


PLANCHE X.

EXPLICATION DE LA PLANCHE X.

Tige primaire de la plante adulte.

Fig. 86. — Parcours des faisceaux dans deux segments de la portion aérienne inférieure : le segment inférieur (n° 24) correspond à la coupe représentée par la figure 80 de la planche VIII. Les faisceaux transversaux appartiennent à la ceinture gemmaire (p. 41).



THALICTRUM. Plante Adulte.

Parcours des faisceaux dans la tige primaire.

A. Mansion ad. nat. del.

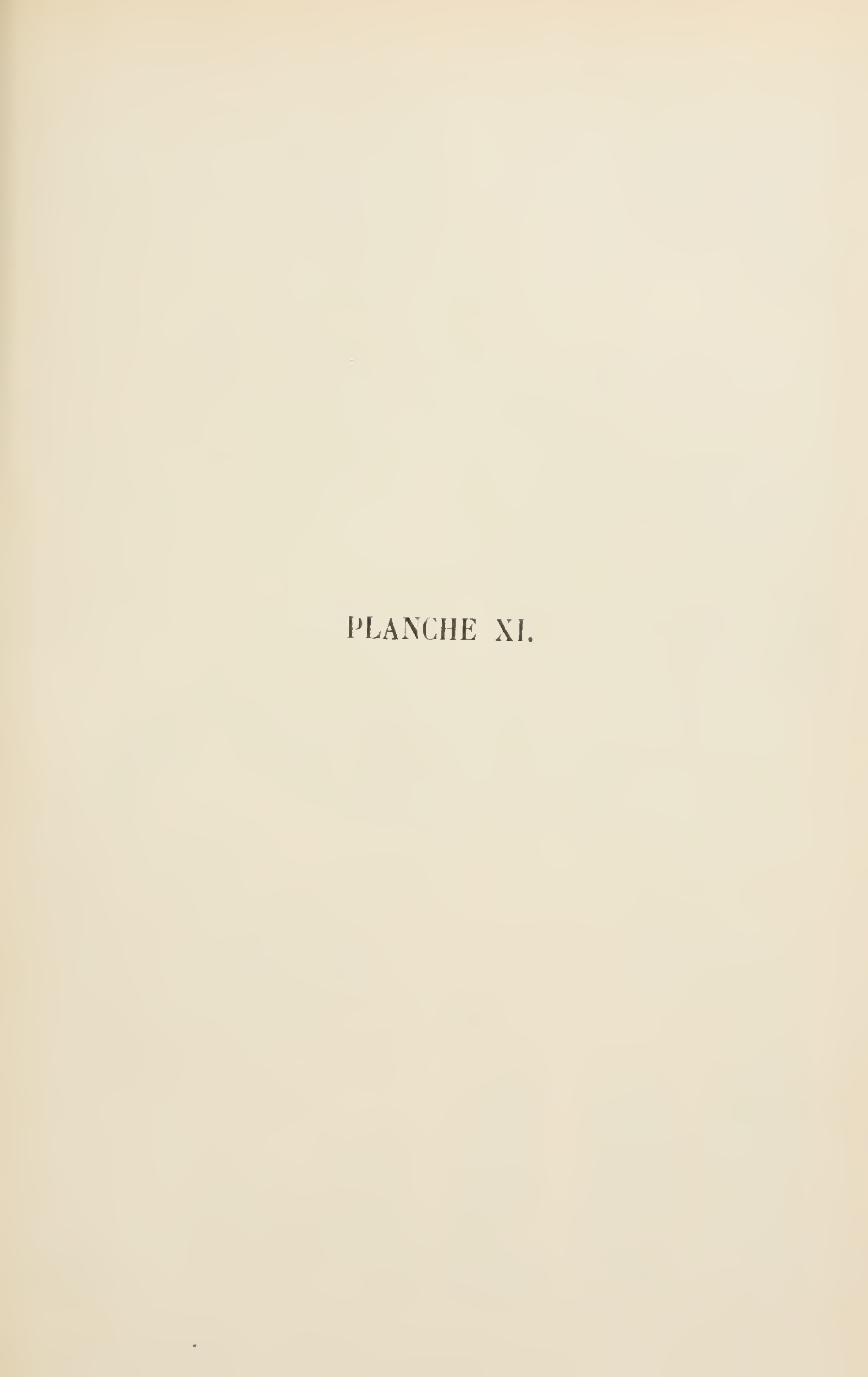


PLANCHE XI.

EXPLICATION DE LA PLANCHE XI.

Tige primaire de la plante adulte.

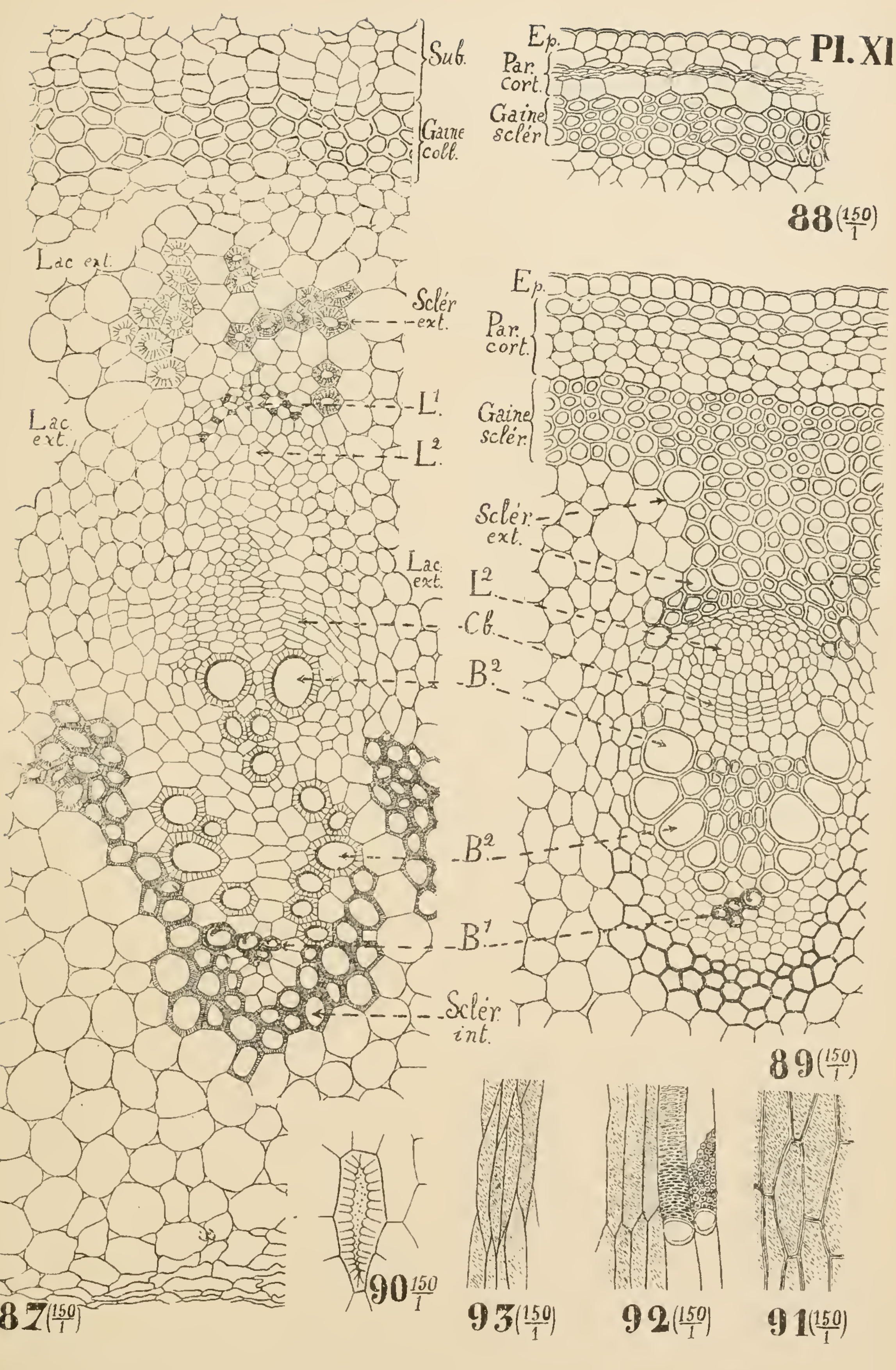
Fig. 87. — Coupe dans la portion souterraine drageonnante (pp. 43 et 44).

Fig. 88. — Coupe dans la portion souterraine qui se relève : les tissus périphériques sont seuls représentés (p. 45).

Fig. 89. — Coupe dans la portion aérienne inférieure : le parenchyme médullaire n'a pas été représenté (p. 45).

Fig. 90. — Une cellule scléreuse du diaphragme nodal dans la portion souterraine qui se relève (p. 45).

Fig. 91, 92 et 93. — Coupes longitudinales dans la portion souterraine drageonnante : la première représente le sclérenchyme externe; la deuxième, le bois secondaire; la troisième, le sclérenchyme interne (pp. 44 et 45).



THALICTRUM. Plante Adulte.

Histologie de la tige primaire.

A. Mansion ad. nat. del.

PLANCHE XII.

EXPLICATION DE LA PLANCHE XII.

Plante adulte.

Fig. 94. — Parcours des faisceaux dans deux segments de la portion souterraine drageonnante : le segment inférieur (nº 3) correspond à la coupe représentée par la figure 78, planche VIII. Insertion des racines adventives (*Rc.*) et ceinture gemmaire (pp. 39 et 42).

Fig. 95. — Coupe mince dans un nœud souterrain : les faisceaux gemmaires se détachent des faisceaux foliaires sortants (p. 43).

Fig. 96. — Coupe très épaisse dans un nœud souterrain : la ceinture gemmaire est complète (p. 43).

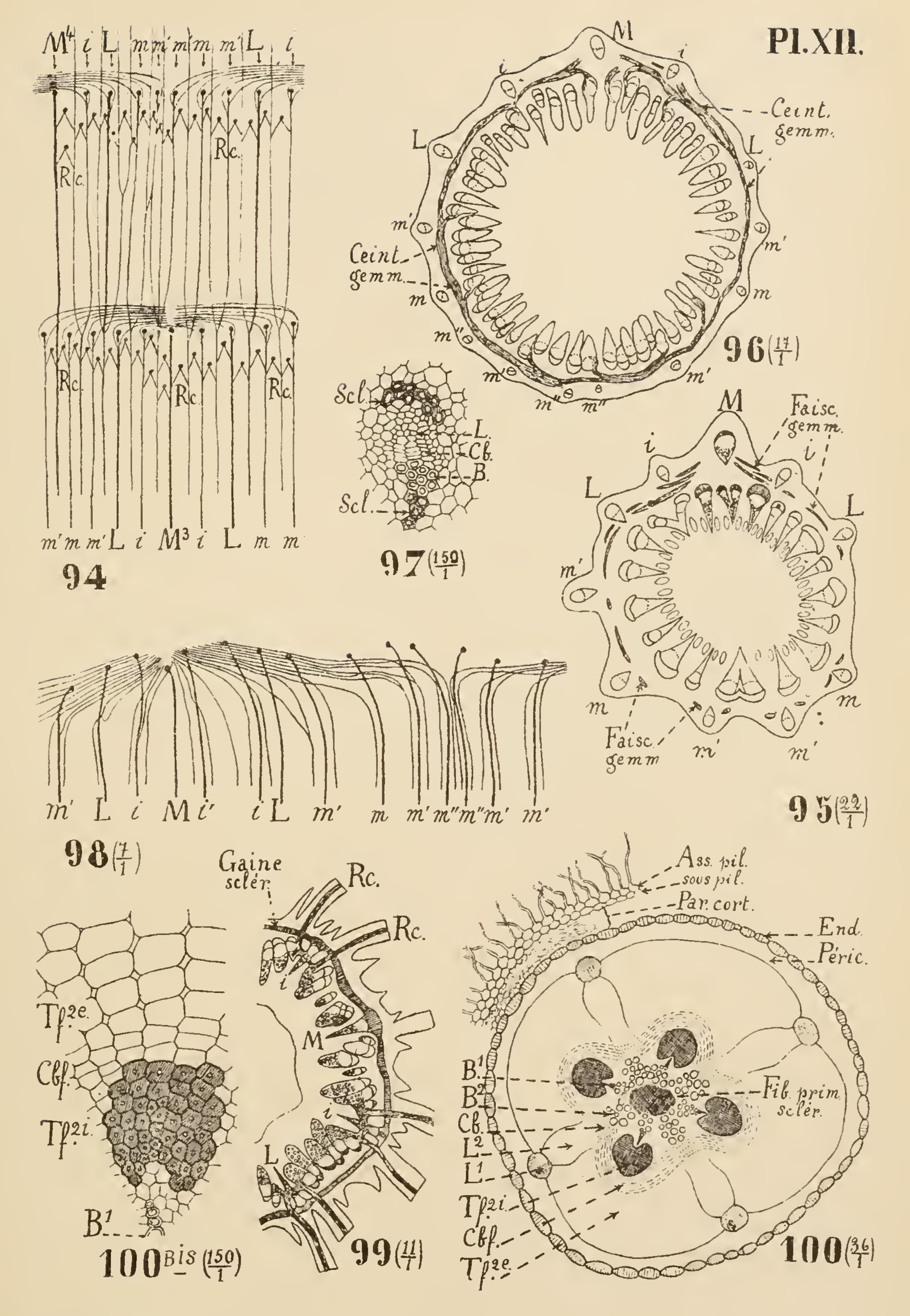
Fig. 97. — Coupe transversale d'un faisceau gemmaire provenant de la coupe représentée par la figure 76, planche VII (p. 50).

Fig. 98. — Faisceaux foliaires et faisceaux gemmaires d'un nœud fendu et étalé (p. 43).

Fig. 99. — Fragment d'une coupe dans la portion souterraine drageonnante : insertion des racines adventives *Rc.* (p. 39).

Fig. 100. — Ensemble d'une racine adventive à quatre pôles (p. 60).

Fig. 100bis. — Une partie de la coupe précédente grossie davantage (p. 60).



THALICTRUM Plante adulte.

Parcours des faisceaux, ceinture gemmaire et racines adventives.

A. Mansion ad. nat. del.



PLANCHE XIII.

EXPLICATION DE LA PLANCHE XIII.

Feuilles de la plante adulte.

Fig. 101. — Feuille écailleuse de la portion souterraine drageonnante : elle est réduite à la gaine (pp. 51, 56).

Fig. 102. — Feuille pérulaire : outre la gaine, elle possède un pétiole et un limbe rudimentaires (pp. 51, 56).

Fig. 103, 104 et 105. — Bases de trois feuilles complètes de la portion aérienne inférieure : dans la première, les stipules sont vascularisées par deux faisceaux venant directement de la tige; dans les deux autres, les faisceaux des stipules se détachent des faisceaux pétiolaires (pp. 51, 56, 57).

Fig. 106. — Base d'une feuille de la portion aérienne supérieure (p. 57).

Fig. 107. — Base d'une feuille bractéiforme (p. 57).

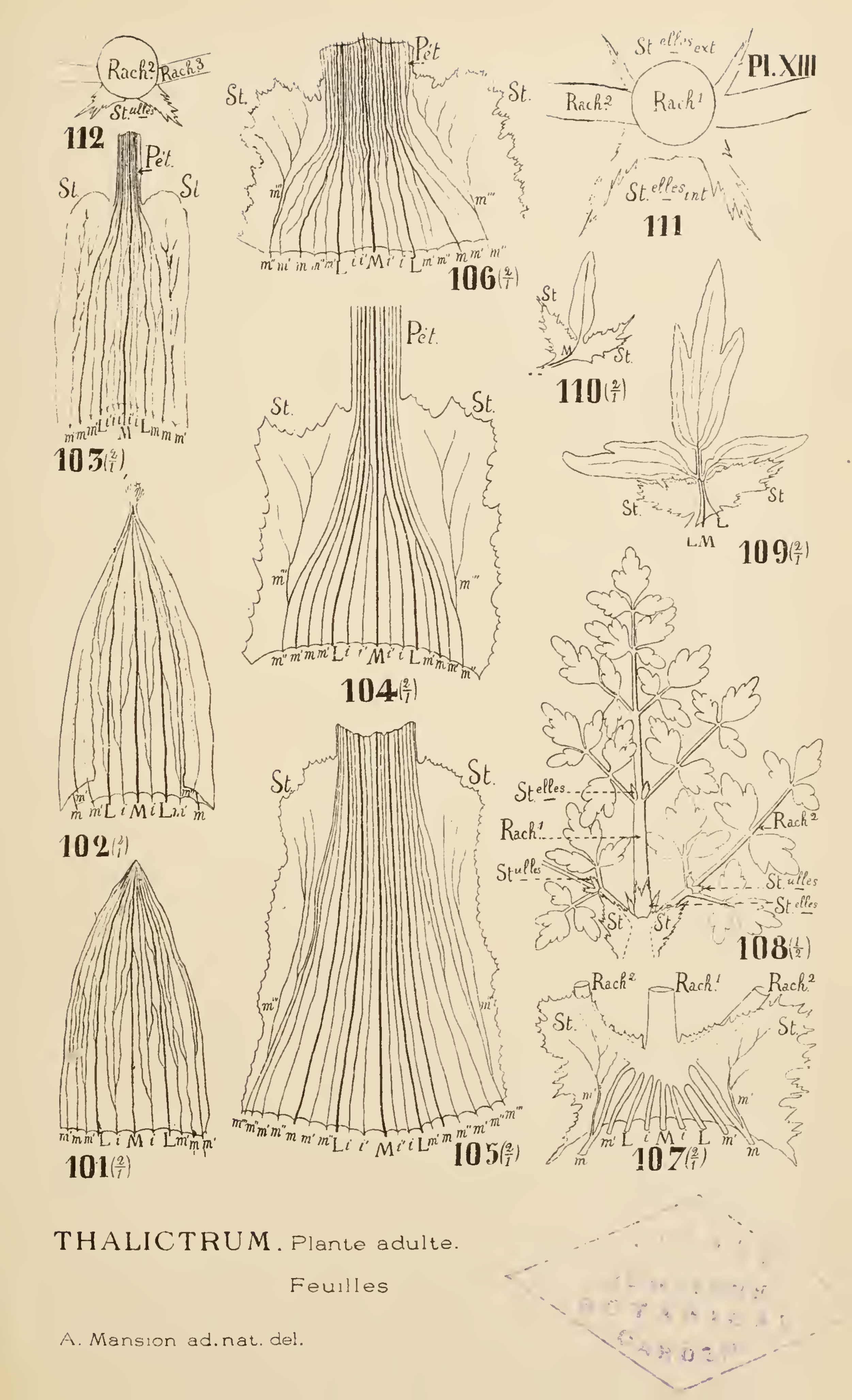
Fig. 108. — Feuille bractéiforme montrant la position des stipelles et des stipellules (p. 51).

Fig. 109. — Bractée à trois folioles (pp. 51, 57).

Fig. 110. — Bractée à une foliole (pp. 51, 57).

Fig. 111. — Schéma de la position des stipelles (p. 58).

Fig. 112. — Schéma de la position des stipellules (p. 59).



THALICTRUM. Plante adulte.

Feuilles

A. Mansion ad. nat. del.



PLANCHE XIV.

EXPLICATION DE LA PLANCHE XIV.

Feuilles de la plante adulte.

Fig. 113 à 121. — Coupes pratiquées à divers niveaux dans une feuille de la portion aérienne inférieure comme celle de la figure 104.

Fig. 113. — A la base de la gaine (p. 52).

Fig. 114. — Vers le milieu de la gaine (p. 52).

Fig. 115. — Au sommet de la gaine (p. 52).

Fig. 116. — A la base du pétiole (p. 52).

Fig. 117. — Dans le premier entre-nœud du rachis primaire (p. 53).

Fig. 118. — Schéma de l'insertion des rachis secondaires (p. 53).

Fig. 119 et 120. — Deux des coupes au niveau de l'insertion des rachis secondaires (p. 53).

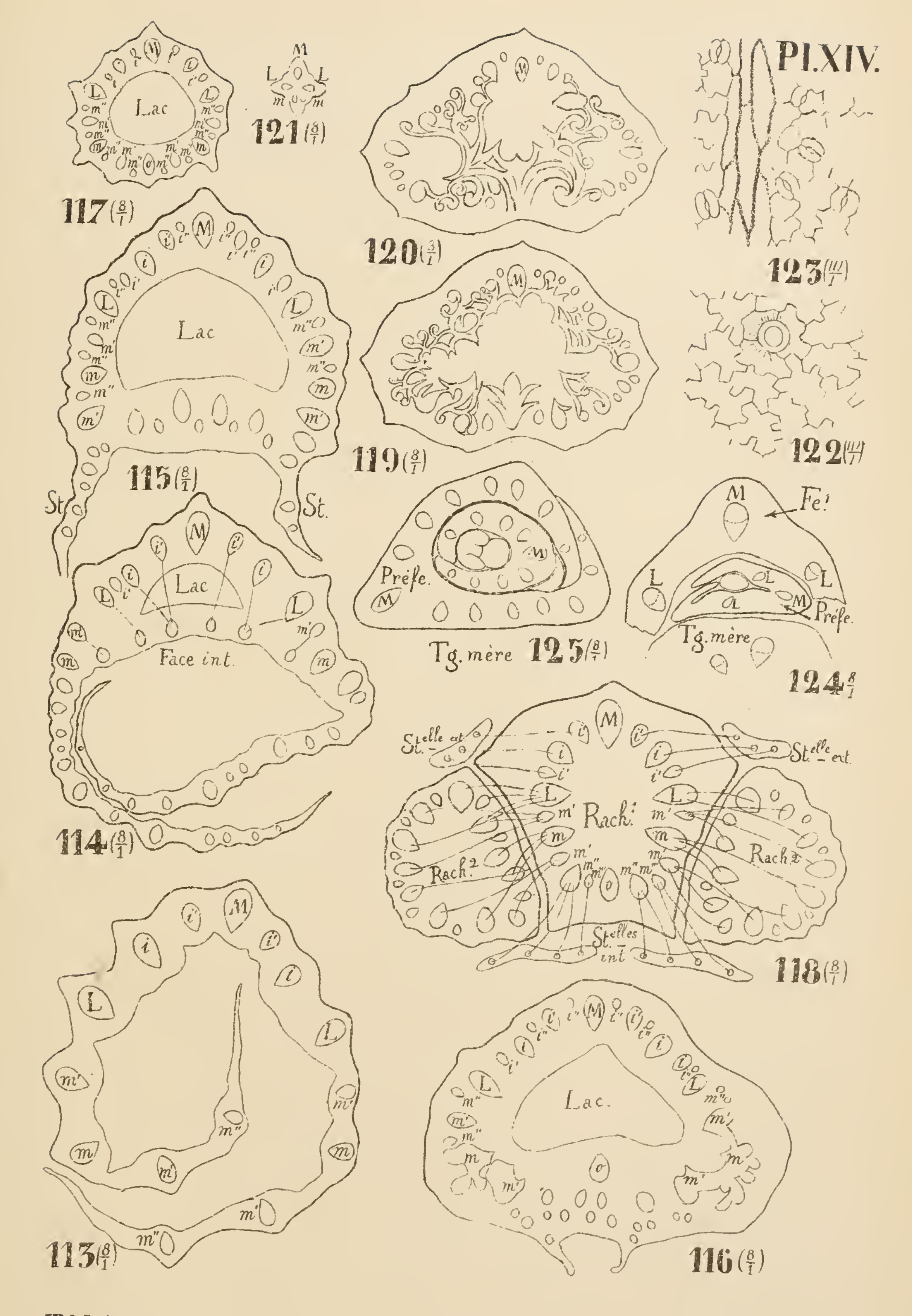
Fig. 121. — Coupe dans un pétiolule (p. 53).

Fig. 122. — Épiderme interne (supérieur) d'une foliole (p. 54).

Fig. 123. — Épiderme externe (inférieur) de la même (p. 54).

Fig. 124. — Fragment d'une coupe pratiquée au premier nœud d'une plantule au stade III : à l'aisselle de la feuille [1] une préfeuille droite à trois faisceaux (p. 59).

Fig. 125. — Idem à l'un des nœuds de la portion aérienne inférieure de la plante adulte : préfeuille gauche à quinze faisceaux (p. 59).



THALICTRUM. Plante adulte.

Feuilles (suite).

A. Mansion ad. nat. del.

TABLE DES MATIÈRES.

INTRODUCTION

Ce travail a pour objet l'étude anatomique de la tribu des Clématidées. J'ai choisi comme type le *Clematis vitalba* L.

Dans les monographies anatomiques des Renonculacées publiées en 1884 par M. Albert Meyer et en 1885 par M. Paul Marié, il n'est question que de la structure des organes végétatifs à l'état adulte. Mon étude du *Clematis vitalba* est plus étendue : elle porte sur l'embryon, le développement de l'appareil végétatif considéré à cinq stades et la plante adulte dans son ensemble. C'est en étudiant l'anatomie des plantes aux diverses périodes de leur évolution qu'on acquerra des notions justes et précises, pouvant servir à leur classification.

Après avoir fait un exposé analytique de la structure du *Clematis vitalba,* j'ai, dans une seconde partie, résumé succinctement les principales particularités offertes par diverses espèces de Clématites ainsi que par l'*Atragene alpina.*

Ce travail a été exécuté au laboratoire de l'Institut botanique de l'Université de Liége. Je prie M. le professeur A. Gravis d'agréer mes humbles remercîments, en même temps que l'hommage de mon profond respect.

CONTRIBUTION

À

L'ANATOMIE DES RENONCULACÉES

TRIBU DES CLÉMATIDÉES

PREMIÈRE PARTIE

CLEMATIS VITALBA L.

CHAPITRE PREMIER.

L'EMBRYON DANS LA GRAINE.

CARACTÈRES EXTÉRIEURS.

Le fruit du *Clematis vitalba* L. est un akène un peu comprimé latéralement. Il est terminé par un style persistant, très long et poilu. Dans l'angle supérieur de l'akène, au milieu d'un albumen abondant et dur, se trouve un embryon très petit ($0^{mm},7$ de longueur sur $0^{mm},5$ de largeur), droit ; les cotylédons ont leur surface parallèle aux faces latérales de l'akène.

STRUCTURE.

Coupes transversales.

A. *Milieu de l'axe hypocotylé* (pl. XV, fig. 1) :

1° L'*épiderme;*

2° Le *parenchyme cortical,* constitué par six ou sept assises cellulaires dont les plus intérieures forment des séries radiales se terminant à l'endoderme;

3° Le *cylindre central*, limité par un péricycle dont les éléments alternent nettement avec ceux de l'endoderme. Le reste est constitué par du procambium. Le diamètre du cylindre, qui comprend onze cellules environ, est le tiers du diamètre total de la coupe.

B. *Région d'insertion des cotylédons.* — A la base du nœud cotylédonaire, on retrouve la même structure, sauf que le parenchyme cortical est moins épais et le cylindre central plus large.

Un peu plus haut, le procambium se localise en deux cordons, l'un antérieur et l'autre postérieur : ce sont les faisceaux cotylédonaires séparés par des cellules plus grandes appartenant au méristème primitif, générateur de la tige principale (fig. 2).

Une coupe à la base du cotylédon montre le faisceau cotylédonaire procambial, le parenchyme et l'épiderme. Plus haut, le faisceau cotylédonaire se trifurque.

C. *Région inférieure de l'axe hypocotylé.* — Dans sa région inférieure, l'axe hypocotylé montre une structure analogue à celle de la région A. On remarque cependant que :

1° L'*épiderme* est remplacé par deux couches de cellules disposées radialement. Ces cellules, moins régulières que celles de l'épiderme, n'ont pas de cuticule ; elles appartiennent à la coiffe ;

2° Le *parenchyme cortical* est formé d'un plus petit nombre d'éléments ;

3° Le *cylindre central* est moins large.

Coupe longitudinale.

La figure 3 représente la section longitudinale de l'embryon suivant son plan principal de symétrie, c'est-à-dire perpendiculairement à la surface des cotylédons. On y retrouve la même structure que dans le *Ranunculus arvensis*, le *Delphinium Ajacis* et le *Thalictrum flavum* (¹).

(¹) Voyez *Contribution à l'anatomie des Renonculacées : Le Ranunculus arvensis* L., par M. Éd. Nihoul. (Mémoires in-4° de l'Académie royale des sciences, etc., de Belgique, t. LII, 1891.) — *Le genre Delphinium*, par M. C. Lenfant. (Mémoires de la Société royale des sciences de Liége, 2ᵉ série, t. XIX, 1896.) — *Le Thalictrum flavum* L., par M. A. Mansion. (Ibidem, t. XX, 1897.)

CHAPITRE II.

DÉVELOPPEMENT DE L'APPAREIL VÉGÉTATIF.

STADE I.

CARACTÈRES EXTÉRIEURS.

Début de la germination; la moitié inférieure de l'axe hypocotylé se montre au dehors.

STRUCTURE.

A. *Milieu de l'axe hypocotylé.* — Diffère à peine du niveau correspondant dans l'embryon. Les cellules du parenchyme cortical se sont agrandies; dans le cylindre central, des éléments différenciés indiquent les pôles libériens aux deux extrémités du diamètre perpendiculaire au plan de symétrie.

B. *Région d'insertion des cotylédons.* — A la base du nœud cotylédonaire, il y a, outre les deux pôles libériens comme ci-dessus, deux pôles ligneux, l'un antérieur, l'autre postérieur (fig. 4). Chacun de ces pôles est occupé par une trachée. Si l'on examine ensuite les coupes successives en se rapprochant du sommet, on voit sur une de ces coupes (fig. 5), au pôle antérieur, que la trachée initiale du faisceau cotylédonaire (*t.* C.) est en contact avec la trachée initiale du faisceau de l'axe hypocotylé *t.* R.; un peu plus haut, cette dernière disparait. Au pôle postérieur, il y a un contact semblable.

A un niveau un peu inférieur à celui où se détachent les deux cotylédons (fig. 6), on trouve deux faisceaux cotylédonaires unipolaires séparés par le méristème primitif de la tige principale. Plus haut, ces faisceaux se trifurquant, on trouve vers le milieu des cotylédons trois faisceaux, dont deux au stade procambial, tandis que le médian est en voie de différenciation (pl. XVI, fig. 7).

STADE II.

CARACTÈRES EXTÉRIEURS.

Les cotylédons, dégagés du péricarpe, sont étalés et verdis (fig. 8). Bien qu'il n'y ait aucune trace de feuille visible à l'œil nu, il existe cependant déjà deux petites feuilles cachées par les pétioles cotylédonaires.

L'axe hypocotylé, reconnaissable à sa surface lisse (formée par l'épiderme), est long de 11 à 12 millimètres et épais de $0^{mm},5$ en son milieu. Son sommet présente une courbure résultant de la nutation dans un plan.

La racine principale, — dont la surface, constituée par l'assise pilifère, est terne, — est deux fois moins longue que l'axe hypocotylé. Il n'existe pas encore de radicelles.

STRUCTURE.

A. *Milieu de l'axe hypocotylé* (fig. 9) :

1° *Épiderme* avec cuticule assez épaisse ;

2° *Parenchyme cortical* méatique ; endoderme peu différencié ;

3° *Cylindre central.* Péricycle formé d'une seule couche de cellules derrière les massifs libériens, mais constitué par deux assises aux environs des pôles ligneux.

Faisceau bipolaire bien différencié, arrivé au stade primaire. Les pôles ligneux se trouvent dans le plan principal de symétrie de la plantule et se composent de cinq ou six trachées apparues successivement en direction centripète. La partie centrale n'est pas différenciée. A droite et à gauche, un massif libérien.

B. *Région d'insertion des cotylédons et de la tige principale.* — Dans la région supérieure de l'axe, à la base du nœud cotylédonaire (fig. 10), le cylindre central est relativement plus important; son rayon mesure, en effet, les deux cinquièmes du rayon

de l'axe hypocotylé. Quant au parenchyme cortical, il ne renferme que quatre ou cinq assises de cellules.

A un niveau un peu supérieur, les deux pôles ligneux sont très écartés l'un de l'autre (fig. 11). On trouve en outre six cordons procambiaux, savoir : deux antérieurs qui se rendent dans le cotylédon antérieur (*cot.*); deux postérieurs qui se rendent dans le cotylédon postérieur (COT.); deux latéraux qui sont les faisceaux médians de la première paire de feuilles (*fe* [1] à gauche, *fe* [1] à droite). Les faisceaux réparateurs (A, B, C, D), dont il sera question plus loin, ne sont pas encore distincts.

Une coupe pratiquée dans le bourgeon terminal montre (fig. 12) :

1° Les deux pétioles cotylédonaires ayant chacun un faisceau libéro-ligneux constitué par l'anastomose des deux massifs qui dans la figure 11 avoisinent chaque pôle ligneux centripète de l'axe hypocotylé. Cette origine anastomotique se reconnaît encore, au niveau de la figure 12, par l'existence de deux pôles libériens dans chaque faisceau cotylédonaire (fig. 13);

2° La *fe* [1] et la *fe* [1], l'une à droite, l'autre à gauche, opposées;

3° La tige au stade du méristème primitif (M. *p.*).

C. *Racine principale.* — Une coupe transversale vers le milieu de la racine principale montre (fig. 14) :

1° A la surface, l'assise pilifère;

2° Le parenchyme cortical, comprenant six ou sept assises cellulaires. L'assise la plus interne est l'endoderme;

3° Le faisceau limité par un péricycle très net, formé par une seule assise de grandes cellules. Les deux massifs ligneux à développement centripète sont séparés par des cellules non différenciées. Deux massifs libériens alternent avec les pôles ligneux. Les arcs cambiaux n'existent pas encore.

Ce faisceau bipolaire à bois centripète n'est que la continuation de celui qu'on observe au milieu de l'axe hypocotylé.

STADE III.

CARACTÈRES EXTÉRIEURS.

Les feuilles de la première paire apparaissent successivement (pl. XVII, fig. 15) : fe^1 désigne la première de ces feuilles, adulte déjà ; fe^1, jeune encore, prendra, par la suite, un développement plus grand que fe^1.

L'axe hypocotylé a 16 millimètres de longueur et $0^{mm},5$ d'épaisseur en son milieu. Un peu en dessous du niveau qui sépare la racine principale de l'axe hypocotylé (collet superficiel), on voit une radicelle. Il en existe une autre plus bas.

STRUCTURE.

A. *Milieu de l'axe hypocotylé* (fig. 16) :

1° *Épiderme* avec stomates ;

2° *Parenchyme cortical :* Comme précédemment, sauf que certaines cellules des couches profondes et celles de l'endoderme se sont recloisonnées radialement ;

3° *Cylindre central.* Les cellules du péricycle en face des pôles libériens sont disposées en une seule assise, tandis qu'en face des pôles ligneux, elles se sont recloisonnées de manière à former quatre ou cinq assises qui seront l'origine de deux arcs générateurs cambiformes. Le faisceau bipolaire contient du bois secondaire contre le bois primaire.

B. *Région d'insertion des cotylédons et de la tige principale* (fig. 17). — Dans la région supérieure de l'axe apparaissent, à droite et à gauche de la ligne qui joint les deux pôles ligneux centripètes, les pôles ligneux centrifuges qui vont se continuer respectivement dans la fe^1 et la fe^1. A ce niveau, il y a donc quatre massifs ligneux en contact : deux centripètes appartenant à l'axe hypocotylé et deux centrifuges appartenant à la tige.

A un niveau un peu supérieur (fig. 18), les deux pôles centripètes s'écartent l'un de l'autre et les deux faisceaux centrifuges se trifurquent. Les deux faisceaux latéraux de chaque trifurcation sont des faisceaux cotylédonaires ; les faisceaux du milieu vont former les faisceaux sortants médians des fe^1 et fe^1

et les faisceaux réparateurs. Ici apparait donc nettement le contact entre le faisceau bipolaire de la racine d'une part et les faisceaux cotylédonaires, les faisceaux foliaires et les faisceaux réparateurs d'autre part. Dans la figure 18, les flèches indiquent dans quel sens se fait la différenciation ligneuse des faisceaux.

Quelques coupes plus haut (fig. 19), les pôles centripètes antérieur et postérieur fuient dans les cotylédons en même temps que les faisceaux cotylédonaires. Au centre de l'organe existe une moelle assez large, entourée de six faisceaux libéroligneux, savoir : les deux faisceaux sortants médians, destinés à la fe^1 et à la fe^{I}, quatre faisceaux réparateurs A, B, C, D.

La région de contact entre le bois centripète et le bois centrifuge mesure de 2 à 3 millimètres de longueur.

Sur une coupe pratiquée dans le bourgeon terminal (fig. 20), on distingue :

1° Les deux pétioles cotylédonaires avec leur faisceau ;

2° La fe^1 et la fe^{I}, l'une à droite avec un faisceau, l'autre à gauche avec trois faisceaux ;

3° La fe^2 et la fe^{II} avec leurs faisceaux non encore différenciés ;

4° La tige au stade méristématique.

On remarquera que les deux premières paires de feuilles ne sont pas décussées.

En suivant la spire phyllotaxique (1) passant par *cot*, fe^1, fe^2, on trouve (fig. 21) :

De *cot* à fe^1 : 88°.
De fe^1 à fe^2 : 37°.

Quant aux appendices d'une même paire, ils font entre eux les angles suivants :

De *cot* à COT : 187°.
De fe^1 à fe^{I} : 180°.
De fe^2 à fe^{II} : 192°.

(1) L'existence d'une spire phyllotaxique *dextre* ou *senestre* dans les premiers segments du *C. vitalba* est rendue évidente par ce fait que les feuilles d'une même paire sont inégales et que les paires successives ne sont pas régulièrement décussées. Ces particularités sont surtout apparentes dans les plantules plus âgées : nous aurons l'occasion d'y revenir aux stades suivants.

C. *Racine principale.* — Une coupe dans la racine principale, un peu au-dessous du collet superficiel, montre :

1° L'assise pilifère ;

2° Le parenchyme cortical comprenant six ou sept assises cellulaires, y compris l'endoderme;

3° Le faisceau, limité par un péricycle formé d'une seule assise de cellules en face des pôles libériens, mais de trois assises en face des pôles ligneux. Les deux massifs ligneux primaires se sont rejoints au centre de la coupe ; les deux arcs cambiaux ont produit du bois secondaire. La constitution du faisceau de la racine principale ne diffère donc pas sensiblement de celle du faisceau au milieu de l'axe hypocotylé.

COTYLÉDONS.

Caractères extérieurs. — Les pétioles cotylédonaires mesurent 4 à 5 millimètres de longueur et 1 millimètre de largeur. Le limbe, de forme ovale, mesure 10 à 11 millimètres de longueur, 4 à 6 millimètres de largeur. La nervation est représentée par la figure 22.

Structure. — Rappelons d'abord que deux faisceaux se rendent dans chaque cotylédon en se fusionnant peu après leur sortie et en entraînant l'un des pôles du faisceau bipolaire de l'axe hypocotylé (fig. 23). A la base du pétiole, en effet, chaque faisceau cotylédonaire montre, outre le bois primaire centrifuge, quelques trachées à développement centripète venant de l'axe hypocotylé. Il y a deux pôles libériens non fusionnés.

La coupe au milieu du limbe montre (fig. 24) :

1° L'*épiderme* interne (supérieur), sans stomates, et l'épiderme externe (inférieur), muni de stomates au nombre de 40 par millimètre carré. Les figures 25 et 26 représentent ces deux épidermes vus de face ;

2° Le *mésophylle* à peu près homogène. Pas de cristaux, ni de poils, ni de glandes ;

3° Les *faisceaux* des nervures se terminant soit par une anastomose avec une autre nervure, soit en pointe libre dans le parenchyme.

STADE IV.

CARACTÈRES EXTÉRIEURS.

L'axe hypocotylé mesure environ 2 centimètres de longueur; la racine principale porte des radicelles grêles (pl. XVIII, fig. 27). Au-dessus des cotylédons s'élève la tige principale, longue d'un peu plus de 3 centimètres et présentant trois nœuds visibles extérieurement. Outre les six feuilles insérées à ces nœuds, il y en a quatre autres plus ou moins cachées entre la base des pétioles des feuilles 3 et III. Les feuilles de chaque paire sont d'inégale grandeur : la plus petite est la plus ancienne (1). Les fe^1, fe^I et fe^2 sont simples, dentées; les autres sont trifoliolées, à folioles dentées.

STRUCTURE.

§ 1. Axe hypocotylé (fig. 28 et 35).

1° *Épiderme;*

2° *Parenchyme cortical :* Comme au stade précédent; endoderme à peine reconnaissable (pl. XIX, fig. 35);

3° *Cylindre central :* Massif ligneux primaire à deux pôles, entouré de toutes parts de bois secondaire. Celui-ci, composé de vaisseaux et de trachéides (fig. 36), a été engendré par une zone cambiale continue. Les vaisseaux sont plus nombreux à droite et à gauche du massif primaire. Le liber secondaire est peu abondant. Le péricycle s'est recloisonné et forme plusieurs couches. Contre le liber, un certain nombre des éléments péricycliques épaississent leurs parois et forment des fibres (fig. 35).

(1) Les feuilles seront désignées par le numéro du nœud où elles sont insérées. Dans une paire quelconque, la feuille la plus ancienne, qui reste plus petite, sera désignée par un chiffre arabe, tandis que l'autre, plus récente et plus grande à l'état adulte, sera indiquée par un chiffre romain (fig. 27, 30, 31, etc.).

A la base du nœud cotylédonaire (fig. 29), les deux pôles ligneux centripètes se sont écartés l'un de l'autre, il existe une moelle assez large et l'on distingue de chaque côté du plan de symétrie trois faisceaux à développement centrifuge : de ces six faisceaux, quatre forment, en se réunissant deux à deux, les faisceaux cotylédonaires antérieur et postérieur (*cot.* et COT.); les deux autres faisceaux vont se trifurquer et produire les faisceaux médians de la *fe* ¹ et de la *fe* ¹, ainsi que les réparateurs A, B, C, D.

§ 2. Tige principale.

Parcours des faisceaux. — Dans le premier entre-nœud, on retrouve les six faisceaux qui existent dans le nœud cotylédonaire : deux foliaires et quatre réparateurs. La *fe* ¹, formée la première, ne reçoit qu'un faisceau (M¹), qui se trifurque en sortant. La *fe* ¹ reçoit les trois faisceaux (LML)¹; les deux foliaires latéraux sont fournis par A et D. La figure 30 représente la projection du premier nœud.

Chacune des feuilles suivantes reçoit trois faisceaux. Dans chaque paire, une feuille est insérée un peu plus bas que l'autre.

Le médian de la *fe* ², la plus ancienne du nœud ², est fourni par C et les deux latéraux par D et B. Le médian de la *fe* ᴵᴵ est fourni par A et les deux latéraux par D et B. La figure 31 représente la projection du deuxième nœud.

Après la sortie dans la *fe* ᴵᴵ, on trouve six faisceaux libéro-ligneux, quatre gros et deux petits; ces derniers proviennent respectivement de A et de C. Ces six faisceaux sont désignés A, A′, B, C, C′, D dans l'entre-nœud ³ (fig. 32).

Après la sortie dans la *fe* ᴵᴵᴵ, on ne trouve plus que cinq faisceaux : A, A′, B, C et D; le faisceau C′ s'est fusionné à B.

Le parcours des faisceaux dans la tige principale et leur sortie dans les feuilles sont indiqués dans la figure 33.

Phyllotaxie. — Les deux individus étudiés étaient senestres, c'est-à-dire que la spire phyllotaxique passant par les *fe* ¹, ², ³,..., tournait en sens inverse des aiguilles d'une montre. Les figures 34

et 38 montrent respectivement la spire phyllotaxique ([1]) et la projection des appendices ([2]) d'un de ces individus.

En suivant la spire, on trouve les angles suivants :

De *cot* à *fe*^{1} : 82°.
De *fe*^{1} à *fe*^{2} : 45°.
De *fe*^{2} à *fe*^{3} : 72°.
De *fe*^{3} à *fe*^{4} : 60°.
De *fe*^{4} à *fe*^{5} : 105°.

Quant aux appendices d'une même paire, ils font entre eux les angles suivants mesurés dans le sens de l'enroulement de la spire :

De *cot* à COT : 180°.
De *fe*^{1} à *fe*^{I} : 188°.
De *fe*^{2} à *fe*^{II} : 196°.
De *fe*^{3} à *fe*^{III} : 200°.
De *fe*^{4} à *fe*^{IV} : 222°.
De *fe*^{5} à *fe*^{V} : 180°.

Histologie. — Une coupe transversale faite au milieu du troisième entre-nœud (fig. 32 et 37) montre :

1° *Épiderme ;*

([1]) Dans les figures 34 et 38, la spire phyllotaxique passant par les *fe* ^{1}, ^{2}, ^{3}, ... semble dextre, mais les coupes ayant été pratiquées en tenant l'objet renversé (sommet de la tige en bas), les images sont symétriques de la disposition réelle.

([2]) Pour obtenir la projection des appendices, lorsque les entre-nœuds de la tige sont déjà fortement allongés, je me suis servi de matériaux inclus à la celloïdine. J'ai d'abord copié à la chambre claire la coupe pratiquée dans le bourgeon terminal. Sur ce premier dessin, qui représente *exactement* la disposition des feuilles jeunes, j'ai ajouté la section des pétioles des feuilles plus âgées. La position de celles-ci peut être relevée à chacun des nœuds grâce à un trait de repère marqué au scalpel tout le long de la tige. Pour les feuilles âgées, le degré d'exactitude dépend donc de la rectitude du trait de repère et de l'absence de torsion des entre-nœuds. J'ai cherché à réaliser ces deux conditions aussi parfaitement que possible.

2° *Tissu fondamental.* Trois régions distinctes :

a) Région externe : parenchyme vert, lacuneux, avec collenchyme sous les côtes de la surface ;

b) Région centrale ou moelle : grandes cellules à méats triangulaires ;

c) Région interfasciculaire : parenchyme à cellules plus petites, sans méats.

3° *Faisceaux.* Bois primaire : trachées initiales précédées de quelques éléments procambiaux non différenciés (fibres primitives de M. Bertrand). Bois secondaire : vaisseaux et trachéides. Cambium : sept rangées radiales de cellules. Liber : liber secondaire peu distinct du liber primaire.

Entre le liber et le collenchyme se trouvent de nombreuses couches de cellules à parois minces, sans méats, destinées à devenir plus tard du sclérenchyme.

STADE V.

CARACTÈRES EXTÉRIEURS.

A l'âge de 6 mois, la racine principale porte des radicelles nombreuses; l'axe hypocotylé, relativement fort court, n'a que 15 millimètres de longueur; la tige principale, haute de 60 centimètres environ, porte 13 à 15 paires de feuilles; les cotylédons sont tombés.

STRUCTURE.

§ 1. Axe hypocotylé.

1° L'*épiderme.*

2° Le *parenchyme cortical* est en partie écrasé et, en certains endroits, décortiqué (fig. 39).

3° Le *cylindre central.* Des rayons médullaires secondaires, pénétrant à des profondeurs variables, découpent le bois secondaire qui est très développé (fig. 40). Le liber présente des ilots d'éléments sclérifiés disposés à diverses profondeurs.

§ 2. Tige principale.

La tige principale peut se diviser en deux régions :

Première région. — Elle comprend les sept ou huit premiers segments [1]. Ils portent chacun une paire de feuilles inégales et insérées l'une un peu au-dessus de l'autre : c'est la plus petite feuille de chaque paire qui est insérée plus bas et qui a apparu la première. Au premier nœud, la *fe* ^{1} (la plus petite à l'état adulte) ne reçoit le plus souvent qu'un seul faisceau. La *fe* ^{1} reçoit trois faisceaux, un médian et deux latéraux. Les feuilles des paires suivantes reçoivent toutes trois faisceaux.

La spire phyllotaxique passant par les *fe* ^{1}, ^{2}, ^{3} ... est tantôt dextre, tantôt senestre. Les angles de divergence mesurés d'une

(1) Par *segment caulinaire,* il faut entendre un nœud de la tige avec l'entre-nœud qui précède.

petite feuille à la suivante sont renseignés dans le tableau suivant :

PREMIER INDIVIDU.

cot		
	>	71°
fe^{1}		
	>	46°
fe^{2}		
	>	54°
fe^{3}		
	>	81°
fe^{4}		
	>	133°
fe^{5}		
	>	67°
fe^{6}		
	>	89°
fe^{7}		
	>	90°
fe^{8}		
	>	90°
fe^{9}		
	>	91°
fe^{10}		

(voyez fig. 41, pl. XX).

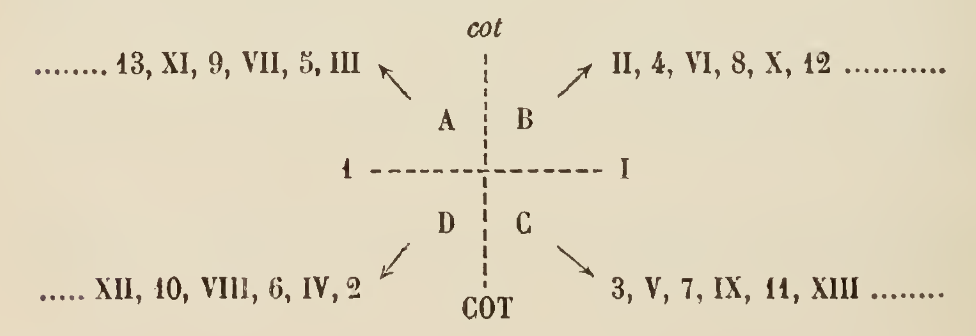
DEUXIEME INDIVIDU.

cot		
	>	89°
fe^{1}		
	>	30°
fe^{2}		
	>	35°
fe^{3}		
	>	140°
fe^{4}		
	>	30°
fe^{5}		
	>	127°
fe^{6}		
	>	91°
fe^{7}		
	>	143°
fe^{8}		
	>	127°
fe^{9}		
	>	50°
fe^{10}		
	>	130°
fe^{11}		
	>	87°
fe^{12}		
	>	94°
fe^{13}		
	>	90°
fe^{14}		
	>	90°.
fe^{15}		

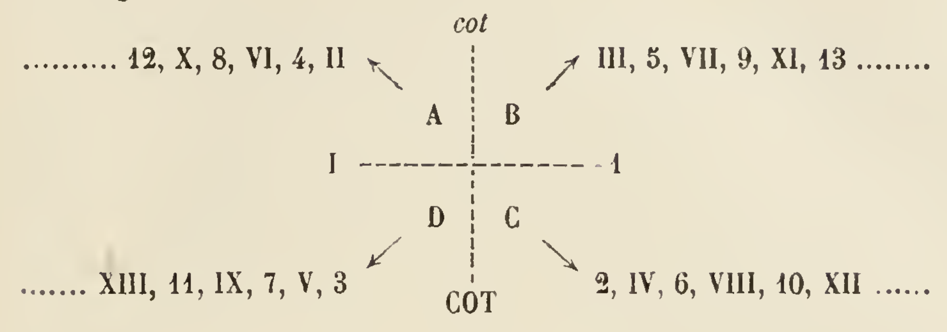
En résumé, dans cette première région, les deux feuilles d'une paire sont inégales; elles ne sont pas insérées rigoureusement au même niveau et, de plus, ne sont pas rigoureusement opposées l'une à l'autre. On peut voir dans cet arrangement un état intermédiaire entre la disposition spiralée des autres Renonculacées et la disposition franchement opposée-décussée qui caractérise les Clématidées adultes.

Si, à partir de la fe^{2}, on envisage la série des feuilles successives, on constate que le faisceau médian de ces feuilles provient régulièrement des faisceaux A, B, C, D de la tige dans l'ordre suivant :

a) Pour un individu dextre :



b) Pour un individu senestre dont le parcours est représenté par la figure 46 :



Les faisceaux latéraux des feuilles d'une même paire se croisent quelquefois à leur sortie, d'un côté, comme on le voit à tous les nœuds du *Ranunculus arvensis* (¹).

Dans cette première région, les entre-nœuds ont moins de douze faisceaux, ordinairement six gros et deux, quatre ou cinq petits ; dans ce cas, il y a six côtes à la surface et la coupe a un aspect hexagonal (fig. 42). Il arrive parfois que l'un des six faisceaux principaux est plus petit que les autres ; alors il y a cinq côtes seulement et la coupe a un aspect pentagonal (fig. 43), ce qui existe dans toute l'étendue d'autres Renonculacées. On peut aussi ne rencontrer que cinq gros faisceaux accompagnés de cinq petits ; dans ce cas, deux gros faisceaux latéraux sont fusionnés en un seul ; il y a aussi cinq côtes et la coupe a une forme pentagonale (fig. 44). Enfin, on observe quelquefois sept faisceaux, quatre gros et trois petits ; quatre gros faisceaux latéraux sont soudés en deux et la coupe est circulaire (fig. 45).

Ces trois aspects singuliers si différents des entre-nœuds de la Clématite adulte s'observent dans toute l'étendue d'un entre-nœud au moins.

Quant aux nœuds, ils montrent des ramifications et des anastomoses de faisceaux peu régulières (fig. 46).

Seconde région. — A partir du septième ou du huitième segment, les feuilles sont franchement opposées-décussées, égales

(¹) *Contribution à l'étude anatomique des Renonculacées.* Le *Ranunculus arvensis* L., par M. Édouard Nihoul, *loc. cit.*

et insérées au même niveau. La tige a acquis ses caractères définitifs. Les entre-nœuds présentent douze faisceaux, six gros et six petits (fig. 47), et les nœuds montrent des ramifications et des anastomoses presque régulières se rapprochant de plus en plus de ce qui existe dans la tige adulte. Chaque feuille reçoit trois faisceaux. Les faisceaux latéraux ne se croisent plus à la sortie, comme cela a lieu à certains nœuds de la région précédente. La trifurcation des six gros faisceaux se fait dans la première moitié du nœud ; par suite, les faisceaux foliaires ont un trajet libre fort court.

Histologie. — Une coupe transversale dans un entre-nœud de la seconde région de la tige principale montre (fig. 47 et 48) :

1° L'épiderme ;

2° Le tissu fondamental externe : parenchyme vert, méatique, avec collenchyme sous les côtes de la surface ;

3° Une gaine de sclérenchyme, primitivement continue, plus tard interrompue çà et là. Elle est formée de fibres plus ou moins longues ; celles des côtes ne diffèrent pas de celles des sillons (fig. 47, 48, 49) ;

4° Un suber exfoliateur (1) ;

5° Des arceaux plus ou moins complets de fibres sclérifiées à l'extérieur du liber mou (fig. 47 et 48) (2) ;

6° Douze faisceaux, six gros et six petits, disposés sur un seul cercle, les petits plus écartés du centre de la tige. Ces faisceaux sont séparés les uns des autres par des cellules sclérifiées (rayons médullaires primaires) ;

7° La moelle, avec une lacune centrale. Ses cellules sont grandes et présentent des parois épaissies avec méats triangulaires.

(1) Ce suber n'existe pas encore dans la figure 50 représentant une tige plus jeune que celle de la figure 48.

(2) Ces fibres épaississent et sclérifient leurs parois assez tardivement. Elles ne sont pas encore caractérisées dans la figure 50, qui représente l'un des faisceaux pris dans une tige principale âgée de trois mois seulement. La figure 48, qui montre les fibres sclérifiées contre le liber, provient d'une tige principale âgée de six mois.

PLANTULES ANOMALES.

Sur vingt-cinq plantules possédant quatre feuilles visibles extérieurement, nous avons observé dix individus senestres, onze dextres et quatre anomaux. Dans ceux-ci, la fe^{2} est isolée par un long entre-nœud de la paire suivante. La figure 51 représente les caractères extérieurs d'un de ces individus ; la figure 52 montre sa vernation reconstituée et la figure 53 sa spire phyllotaxique.

On peut faire trois hypothèses pour expliquer la disposition des appendices dans les cas d'anomalie que nous signalons : il peut y avoir eu déplacement longitudinal de certaines feuilles, ou bien intercalation d'une feuille nouvelle, ou enfin suppression d'une feuille normale. Le tableau suivant indique ces trois explications hypothétiques en regard de la disposition normale. Dans ce tableau, les flèches vont de la feuille la plus âgée à la feuille la plus jeune de chaque paire.

DISPOSITION NORMALE.	1re HYPOTHÈSE.	2me HYPOTHÈSE.	3me HYPOTHÈSE.
cot. COT.	*cot.* COT.	*cot.* COT.	*cot.* COT.
1 → I	1 → I	1	1 → I
2 → II	2	fe. intercalée	2
3 → III	3 ← II	2 → II	3 → III
4 → IV	4 ← III	3 → III	4 → IV
5 → V	5 ← IV	4 → IV	5 → V

L'étude du parcours des faisceaux ne permet d'admettre, pour l'interprétation des anomalies, que la première des trois hypothèses. En effet, dans la figure 54, on voit que les faisceaux de la fe^{II}, au lieu de se détacher au niveau habituel marqué d'une *, se détachent seulement au troisième nœud qui porte, en même temps, la fe^{3} normale. De plus, on constate qu'au nœud ^{3} la fe^{II} est plus âgée que la fe^{3} ; qu'au nœud ^{4}, la fe^{III} est en avance

sur la *fe*^{4} et ainsi de suite. Il y a donc bien eu déplacement de toutes les *fe*^{II}, ^{III}, ^{IV}, les *fe*^{3}, ^{4}, ^{5} restant en place.

D'ailleurs, le même fait de déplacement longitudinal a été remarqué au nœud ^{7} d'une autre plantule plus âgée.

Ces anomalies rendent plus évidente encore la disposition spiralée des appendices dans la région inférieure de la tige principale du *C. vitalba* et relient ainsi le type oppositifolié au type spiralé des autres Renonculacées.

§ 3. Feuilles.

Caractères extérieurs. — Les feuilles des premières paires ont une forme plus simple et une taille plus petite que les feuilles situées plus haut. Les figures 67 et 68 (pl. XXIV) représentent la *fe*^{1} et la *fe*^{3}.

La *fe*^{1} est simple, dentée et mesure 13 millimètres de longueur, pétiole compris. Le faisceau qu'elle reçoit de la tige se trifurque à sa sortie. La branche médiane et l'une des branches latérales se bifurquent dans la partie supérieure du pétiole ; deux des rameaux ainsi formés s'anastomosent, de sorte que le limbe possède dès sa base quatre fortes nervures qui se ramifient pour former un réseau assez compliqué de nervilles. Celles-ci se terminent en pointe libre ou par une anastomose.

La *fe*^{3} est trifoliolée et mesure, pétiole compris, 5 $^{1}/_{2}$ centimètres de longueur. Chaque pétiole possède dès sa base trois fortes nervures.

La *fe*^{6} est déjà semblable à la feuille de la plante adulte.

Parcours et histologie. — Ils ont été étudiés dans la *fe*^{6} et trouvés semblables à ceux de la feuille adulte, qui sera décrite complètement au chapitre III.

§ 4. Racine principale.

La racine principale a une structure semblable à celle de l'axe hypocotylé, sauf que son parenchyme cortical est presque entièrement détruit et que, dans le cylindre central, les ilots libériens et les rayons médullaires secondaires sont beaucoup moins nombreux.

CHAPITRE III.

LA PLANTE ADULTE.

---

§ 1. LES TIGES.

CARACTÈRES EXTÉRIEURS.

Durant le premier hiver, la partie supérieure de la tige principale se détruit; au printemps suivant, les bourgeons axillaires de la partie inférieure qui a subsisté se développent en longues tiges. Celles-ci ont le même sort que la tige principale l'hiver suivant. Lorsque, après un nombre d'années variable selon les circonstances, la plante est devenue adulte, elle n'a donc gardé que les portions persistantes de la tige principale et de plusieurs tiges axillaires successives. Quant à l'axe hypocotylé, il se confond alors avec la racine principale.

A chaque printemps, les bourgeons axillaires de l'année précédente donnent naissance à de longues tiges sarmenteuses, toutes équivalentes et à croissance indéterminée. Il n'est pas rare d'en trouver qui mesurent 4 à 5 mètres de longueur. Chacune d'elles comprend deux régions :

1° *La région à structure variable,* longue de quelques millimètres seulement, comprenant les deux, trois ou quatre premiers segments : les nœuds, très rapprochés, portent des feuilles de plus en plus grandes et de forme de plus en plus compliquée (fig. 70 et 73, pl. XXIV). Les bourgeons axillaires ne se développent généralement pas. La tige, dans cette région, est plus ou moins renflée.

2° *La région à structure constante,* comprenant un nombre indéterminé de segments à longs entre-nœuds et à feuilles toutes à peu près semblables. Dans cette seconde région, les bourgeons

axillaires se comportent de diverses manières : les premiers (ordinairement 8 à 10 paires) restent latents; ils sont destinés à passer l'hiver et à produire de nouvelles tiges feuillées; les bourgeons suivants (ordinairement 5 ou 6 paires) se développent immédiatement en inflorescence; les derniers (ordinairement 2 ou 3 paires) cessent de pousser comme le bourgeon terminal lui-même [1].

Parfois le bourgeon terminal reprend sa croissance et produit des segments à bourgeons latents, puis une nouvelle série de segments florifères.

Normalement, les tiges ne portent pas de rameaux durant la première année, si ce n'est des inflorescences axillaires. Celles-ci manquent même lorsque la tige est grêle, tous les bourgeons restant latents.

Lorsqu'une tige a été brisée accidentellement, un ou plusieurs des bourgeons destinés à n'entrer en végétation que l'année suivante peuvent se développer immédiatement. Si l'accident s'est produit au milieu des segments florifères, un bourgeon-inflorescence se transforme en une tige feuillée. Celle-ci se reconnaît cependant à ce qu'elle porte des fleurs dès ses premiers nœuds, tandis qu'elle n'en porte pas plus haut.

De tout cela il faut conclure que, hormis les axes d'inflorescence, les tiges du *C. vitalba* sont toutes équivalentes : la distinction en tige primaire et tiges secondaires ou rameaux plus ou moins différenciés n'existe pas. L'examen anatomique ayant confirmé cette affirmation, nous ne nous occuperons par la suite que d'une tige quelconque de la plante adulte, sans rechercher *l'ordre* auquel elle appartient.

[1] La plus longue tige que nous ayons trouvée mesurait plus de 5 mètres; sa deuxième région comprenait 30 segments portant 6 paires de bourgeons latents, 21 paires d'inflorescences et 3 paires de bourgeons non développés.

STRUCTURE.

I. *Région à structure variable :*

Une tige quelconque reçoit de la tige-mère deux faisceaux (*faisceaux d'insertion*) détachés des deux faisceaux réparateurs qui, dans la tige-mère, sont voisins du *sortant médian*. Ces deux faisceaux se trifurquent bientôt et constituent les six *gros* faisceaux du premier segment de la tige que nous considérons. De *petits* faisceaux apparaissent plus tard et en nombre variable : généralement il y a six petits faisceaux, mais il peut s'en trouver jusqu'à dix ou douze. Ce grand nombre de petits faisceaux intercalés entre les gros est évidemment en rapport avec le diamètre exagéré de la tige qui, dans cette première région, est toujours plus ou moins renflée. C'est par l'intermédiaire de ces faisceaux *intercalaires* et en quelque sorte surnuméraires que s'établit une communication facile entre les tissus secondaires de la tige nouvelle et ceux de la tige-mère.

Quant au parcours des faisceaux (fig. 64, pl. XXIII), il offre dans cette région quelques irrégularités, tout en se rapprochant beaucoup du parcours normal.

II. *Région à structure constante :*

Le nombre des faisceaux est toujours de douze : six gros et six petits dont le parcours est parfaitement régulier. Dans cette seconde région, nous étudierons l'histogenèse, l'histologie et le parcours détaillé.

HISTOGENÈSE et PARCOURS. — En étudiant des coupes successives dans le sommet végétatif, on trouve de haut en bas :

1° *Stade méristématique.* Un massif de cellules se cloisonnant en tous sens et entouré par le dermatogène (fig. 55, pl. XXII) ;

2° *Stade procambial* (dans l'étendue de deux segments). Six cordons de procambium, nettement reconnaissables au sein du tissu fondamental (fig. 56).

Plus bas encore, deux des cordons procambiaux présentent une trachée et deux éléments libériens (fig. 57 et 58) : ce sont les deux faisceaux sortants médians ; les autres faisceaux ne se différencient que plus bas. Les cellules procambiales comprises entre le pôle libérien et le tissu fondamental externe (actuellement trois ou quatre couches) doivent se recloisonner un grand nombre de fois pour se différencier ensuite en un îlot de sclérenchyme. Les quatre ou cinq couches de tissu fondamental externe se recloisonneront aussi pour devenir du collenchyme;

3° *Stade primaire* (deux segments). L'entre-nœud a six faisceaux différenciés (fig. 59 et 60) montrant chacun cinq ou six trachées. Dans le nœud, chaque faisceau se trifurque en une branche foliaire et deux branches réparatrices. Les six foliaires sortent et les branches réparatrices s'anastomosent deux à deux pour reconstituer les six faisceaux réparateurs destinés à l'entre-nœud suivant. Ce parcours simple, régulier, s'observe également dans l'*Atragene alpina*.

A ce stade, les cellules procambiales avoisinant le liber et destinées à devenir du sclérenchyme sont plus nombreuses (fig. 60) [1]. Le tissu fondamental externe montre aussi un plus grand nombre d'assises; ses éléments sont assez larges;

4° *Stade secondaire*. Dans les Clématites à grandes feuilles, comme le *C. vitalba*, six autres faisceaux apparaissent dans l'intervalle entre les six précédents. Ils se montrent d'abord à l'état de procambium, à l'époque où les faisceaux principaux sont complètement différenciés et viennent d'entrer dans la période secondaire (fig. 61, pl. XXIII). Ils restent à cet état procambial

[1] M. Dangeard (*Le Botaniste*, vol. I, p. 117) n'admet pas l'existence d'un péricycle dans les tiges, mais distingue dans le liber deux parties : le *périphragme* et la *région des îlots grillagés*. Le périphragme « est produit par un cloisonnement actif des cellules procambiales qui entourent les îlots grillagés ». Cette production est relativement tardive et aboutit à un tissu entièrement cellulaire ou accompagné de fibres qui, d'après l'auteur, peuvent s'appeler indifféremment fibres libériennes ou périphragmatiques. J'ai cru convenable de noter ici cette observation à l'appui de celles que j'ai faites dans le *C. vitalba*.

dans l'étendue de quatre ou cinq segments, puis se différencient à leur tour.

Ces *petits faisceaux* sont non seulement caractérisés par leur apparition tardive, mais encore par leur plus grand éloignement du centre, leur développement moins grand, leur histologie et leur parcours. Les auteurs leur ont donné le nom de *faisceaux intercalaires.*

Au point de vue histologique, ils se distinguent par l'absence de trachées ou par un nombre plus petit de ces éléments. Au point de vue du parcours, ils commencent dans la moitié inférieure d'un nœud par deux branches qui s'anastomosent en un faisceau; celui-ci traverse tout l'entre-nœud et se bifurque dans la moitié inférieure du nœud suivant. En d'autres termes, ils commencent et finissent aux faisceaux réparateurs (fig. 65). Ces petits faisceaux rappellent par leur position, leur parcours et l'époque de leur apparition, les massifs secondaires qui s'intercalent entre les faisceaux chez beaucoup de Dicotylédones, notamment les faisceaux désignés par γ dans l'*Urtica* [1].

Quant aux autres faisceaux, que nous appellerons les gros faisceaux, ils marchent parallèlement dans l'entre-nœud comme les petits. Au nœud, ils se trifurquent, puis s'anastomosent deux à deux très régulièrement (fig. 65).

Histologie. — Une tige âgée d'un an, prise sur la plante adulte, montre la même organisation que la tige principale au stade V.

Dans une tige de 4 ans, on distingue de l'extérieur vers l'intérieur (fig. 62 et 63) :

1° Le suber exfoliateur de l'épiderme, du tissu fondamental externe et de la gaine de sclérenchyme ;

2° Un premier cercle ondulé formé d'arceaux scléreux extérieurs à chaque massif libérien ;

[1] *Recherches anatomiques sur les organes végétatifs de l'*Urtica dioïca *L.*, par M. A. Gravis. (Mémoires in-4° de l'Académie royale des sciences, etc. de Belgique, t. XLVII, 1884.)

3° Une bande de liber, dont beaucoup d'éléments sont à l'état corné;

4° Un deuxième suber exfoliateur qui rejettera au dehors la première assise exfoliatrice, les premiers arceaux scléreux et la portion de liber qui leur est sous-jacente;

5° Un parenchyme libérien méatique comprenant trois ou quatre couches de cellules contenant de l'amidon ;

6° Un deuxième cercle formé d'arceaux scléreux;

7° Une bande de liber ;

8° Le cambium ;

9° Le bois, comprenant quatre régions concentriques très visibles, correspondant chacune à une année. Les vaisseaux ont un grand diamètre;

10° Douze pôles ligneux primaires;

11° La moelle, dont les éléments offrent des parois épaissies et des méats triangulaires.

Les douze faisceaux, serrés les uns contre les autres, sont séparés par des rayons médullaires primaires, présentant une partie externe molle et une partie interne sclérifiée. Chaque faisceau est divisé par des rayons secondaires qui pénètrent plus ou moins profondément.

Tissus amylifères. Le méristème primitif ne renferme pas d'amidon. Au niveau où se forment les six massifs procambiaux, à quelques millimètres du sommet, on trouve de l'amidon dans la moelle et le tissu fondamental primaire externe. Il en est de même plus bas, où les massifs procambiaux se différencient. A partir du niveau où apparaissent, à l'état procambial, les six petits faisceaux (à environ 2 centimètres du sommet), la substance amylacée manque dans la moelle, mais on en trouve dans le tissu fondamental primaire externe, y compris le collenchyme en formation, et dans deux ou trois couches de cellules sur les côtés des gros faisceaux. Au niveau où les douze faisceaux sont différenciés, ainsi que le collenchyme et le sclérenchyme, on trouve en outre de l'amidon dans le liber jeune.

Une tige âgée d'un an, dans laquelle une couche subéreuse s'est déjà formée, contient de l'amidon dans la moelle, les rayons

médullaires, le liber jeune, le tissu fondamental secondaire externe, et dans une ou deux couches extérieures au liber, en dessous du suber. L'amidon manque dans le tissu fondamental primaire externe.

Dans une tige âgée de quatre ans, l'amidon se rencontre dans la moelle, les rayons médullaires, le liber jeune et dans le parenchyme libérien sous-jacent au deuxième suber.

Il n'existe nulle part, dans la tige, une couche distincte à laquelle on puisse donner le nom d'*endoderme amylifère.*

Il n'existe pas non plus d'endoderme caractérisé par des plissements sur les cloisons radiales.

§ 2. LES FEUILLES.

CARACTÈRES EXTÉRIEURS.

Les feuilles d'une tige quelconque ont une forme et une taille variables suivant la hauteur à laquelle elles sont insérées. Les variations sont surtout rapides dans la première région de la tige où les feuilles, très rapprochées les unes des autres, sont insérées par paire au même niveau et décussées, contrairement à ce que l'on observe à la base des tiges principales. La première paire de feuilles se trouve dans le plan perpendiculaire au plan médian du segment qui porte le bourgeon. Deux tiges ont été principalement étudiées.

Dans la première, qui est senestre (fig. 70), la fe^{1} rudimentaire comprend un pétiole élargi, un limbe long de 4 millimètres, large de 1 millimètre, et trois nervures qui ne se ramifient pas (fig. 71). La fe^{I} possède un limbe denté, long de 8 millimètres (fig. 72), large de 2; trois faisceaux, le médian se ramifiant abondamment. La fe^{2} est trilobée, à lobes dentés; la fe^{II} est trifoliolée, à folioles dentées. Les feuilles de la troisième paire ont trois folioles dentées. Les feuilles de la quatrième paire possèdent cinq folioles.

Dans la seconde tige, qui est dextre (fig. 73), les feuilles de la première paire sont simples et dentées (fig. 74 et 75); la fe^{2} a trois folioles et la fe^{II} cinq; les feuilles de la troisième paire sont trifoliolées; les feuilles suivantes possèdent cinq folioles.

La deuxième région des tiges porte des feuilles qui varient peu de forme et de dimensions. Elles ont cinq folioles et plus rarement sept (fig. 76). Elles sont toujours dépourvues de stipules; leur pétiole se continue en un rachis présentant deux ou trois nœuds donnant insertion aux folioles.

STRUCTURE.

Toutes les feuilles reçoivent trois faisceaux ; celles de la première paire cependant n'en reçoivent parfois qu'un seul. Nous prendrons comme exemple une feuille ordinaire soit à cinq, soit à sept folioles. (Il a été constaté que la structure était sensiblement la même dans ces deux sortes de feuilles.)

Parcours. — Les trois faisceaux sortants de la tige (un médian, deux latéraux, soient L, M, L) se trifurquent dès la base du pétiole, puis s'anastomosent (fig. 66), de façon à constituer six faisceaux : un médian, deux latéraux, deux marginaux et un faisceau diamétralement opposé au médian, soient *m*LML*m*O. Telle est la structure au milieu du pétiole (fig. 77).

Cette structure se retrouve au milieu du premier entre-nœud ou rachis, ainsi qu'au milieu du deuxième entre-nœud.

Au premier nœud du rachis, c'est-à-dire à l'insertion de la première paire de folioles, on constate (fig. 78) que chaque pétiolule reçoit deux faisceaux détachés des faisceaux L et *m*. Ces faisceaux se divisent bientôt et s'anastomosent de façon à constituer les six faisceaux du pétiolule (fig. 79). La même chose s'observe au deuxième nœud du rachis.

La figure 66 reproduit le parcours des faisceaux dans le pétiole et le rachis. On y remarquera l'analogie existant entre l'insertion du pétiolule et celle du bourgeon, comme dans l'*Urtica* [1].

On trouve parfois des feuilles très vigoureuses qui contiennent dans leur pétiole et leur rachis un ou deux petits faisceaux intermédiaires entre le faisceau M et les L et deux *m'* entre le faisceau O et les *m* (fig. 80). Ces petits faisceaux ne jouent aucun rôle dans l'insertion des pétiolules.

Quant au faisceau O, il se divise à la base de la foliole terminale, s'anastomose avec les faisceaux voisins et donne finalement de chaque côté deux petites branches qui se dirigent vers les bords inférieurs du limbe.

[1] M. A. Gravis, *loc. cit.*, p. 180.

Histologie du limbe. — La coupe transversale d'une foliole (fig. 81) montre :

1° *L'épiderme.* Cellules sans chlorophylle, à cuticule lisse, plus grandes à la face interne qu'à la face externe. Stomates à la face externe seulement, au nombre de soixante-deux par millimètre carré, formés chacun de deux cellules de bordure au niveau de la surface avec deux replis saillants de la cuticule. Chambre stomatique formée par un grand méat. Vu de face, l'épiderme présente des cellules à contour sinueux, des stomates arrondis, sans cellules annexes (fig. 82 et 83). Sur les nervures, les cellules épidermiques, presque rectangulaires, sont allongées dans le sens de la longueur des nervures. Deux sortes de poils : les uns longs, droits, effilés, à membrane plus épaisse d'un côté que de l'autre ; les autres courts, en forme de massue (fig. 84). Ces deux sortes de poils sont très abondants sur la tige et les feuilles dans le sommet végétatif. Les poils claviformes tombent assez tôt, de sorte que sur les feuilles vieilles on ne rencontre plus guère que des poils longs et effilés ; encore ceux-ci sont-ils peu abondants ;

2° *Le mésophylle.* Il est hétérogène (fig. 81) : une assise de cellules en palissade ; trois ou quatre assises de cellules irrégulières à grands méats constituant le parenchyme spongieux. Collenchyme aux deux faces, de chaque côté des nervures. Chlorophylle dans tout le mésophylle. Ni cristaux ni glandes ;

3° *Les nervures.* Elles sont constituées par un seul faisceau ; pas de cellules sclérifiées.

Histogenèse. — Sur la troisième coupe, dans le sommet végétatif d'une tige adulte, on peut étudier la formation des nervures dans l'épaisseur de l'assise moyenne du mésophylle primitif (fig. 85). Les deux autres assises sont destinées à donner naissance, l'une au parenchyme palissadique, l'autre au parenchyme spongieux. Il est surprenant de constater qu'une disposition si nette à l'état jeune s'efface complètement à l'état adulte. (Comparez les figures 85 et 81, dessinées au même grossissement.)

§ 3. LES RACINES.

I. Sommet végétatif d'une jeune racine.

Coupes transversales.

La quatorzième coupe à partir du sommet montre de l'extérieur vers l'intérieur (fig. 86, pl. XXV) :

1° La *coiffe,* formée à ce niveau de cinq ou six couches de cellules, et l'*assise pilifère,* composée de cellules allongées dans le sens radial, à parois minces;

2° Le *parenchyme cortical,* constitué par dix assises cellulaires méatiques. Les éléments des assises extérieures sont plus petits que les autres. L'assise la plus profonde est l'endoderme : celui-ci ne se distingue guère que par l'alternance de ses éléments avec ceux de l'assise sous-jacente;

3° Le *cylindre central,* limité par un péricycle assez net, à cellules plus grandes que les autres, presque isodiamétrales. Le reste du massif est formé par de petits éléments procambiaux.

La vingt-cinquième coupe à partir du sommet montre de l'extérieur vers l'intérieur (fig. 87) :

1° Les débris de la *coiffe* et l'*assise pilifère* dont les cellules sont épaissies extérieurement;

2° Le *parenchyme cortical,* comme au niveau précédent;

3° Le *cylindre central* au stade de la différenciation primaire. Il présente deux ou trois pôles libériens et autant de pôles ligneux.

Plus tard apparaît la zone cambiale comme on le voit dans la figure 88 où le faisceau est bipolaire.

Coupe longitudinale.

La figure 89 montre le méristème primitif comprenant :

1° Un groupe de petites cellules isodiamétrales se cloisonnant

en tous sens et donnant naissance à des éléments procambiaux : ce sont les *initiales du faisceau ;*

2° Deux cellules exactement superposées, *initiales du parenchyme cortical ;*

3° Une couche de cellules, *initiales de l'assise pilifère et de la coiffe.*

II. Racine d'un an.

De l'extérieur vers l'intérieur (fig. 90, 91 et 92) :

1° Les débris du parenchyme cortical primaire et l'endoderme ;

2° Le péricycle recloisonné formant un « parenchyme péricyclique » ;

3° Le cylindre central dont les productions secondaires sont fort développées. Deux longs rayons primaires, légèrement sclérifiés, s'étendent jusqu'aux pôles primaires. Des rayons secondaires pénétrant à des profondeurs variables découpent le bois secondaire formé de larges vaisseaux et d'une grande quantité de trachéides. Le liber a ses éléments disposés en séries radiales. Il renferme des bandes tangentielles irrégulières de fibres scléreuses.

III. Racine de deux ans.

Les rayons secondaires sont plus nombreux ; les bandes tangentielles de fibres sclérifiées plus abondantes et plus développées que dans la racine précédente (fig. 93). La séparation entre le bois de chaque année est indiquée par des vaisseaux de large diamètre. A la périphérie, un premier suber a décortiqué le parenchyme péricyclique. Au-dessous des bandes scléreuses les plus externes, on voit un deuxième suber constitué par deux ou trois assises de cellules brunes (fig. 94).

RÉSUMÉ DE LA PREMIÈRE PARTIE.

EMBRYON.

L'embryon du *Clematis vitalba* diffère peu de celui du *Ranunculus arvensis :* ses dimensions sont à peu près les mêmes, mais les couches cellulaires de son parenchyme cortical sont moins nombreuses (six au lieu de onze).

PLANTULES.

L'étude de l'*axe hypocotylé* a montré que le contact entre les faisceaux cotylédonaires, les faisceaux foliaires et les faisceaux réparateurs, d'une part, et le faisceau bipolaire de la racine, d'autre part, se fait comme dans le *Ranunculus arvensis.*

Les *cotylédons* possèdent un mésophylle à peu près homogène et des stomates à la face externe seulement ; ils ne présentent ni cristaux, ni poils, ni glandes ; ils sont opposés et reçoivent chacun deux faisceaux qui se fusionnent dès la base du pétiole.

Les *feuilles* des premières paires de la tige principale ont une forme plus simple et une taille plus petite que les feuilles situées plus haut. On trouve d'abord des feuilles dentées, puis trilobées, trifoliolées et enfin des feuilles à cinq folioles. Celles de la première paire sont d'inégale grandeur et insérées à des niveaux légèrement différents ; au nœud 1, la feuille qui apparait la première (fe^{1}) est située plus bas et prend un moins grand développement que l'autre (fe^{I}). De plus, la fe^{1} ne reçoit généralement qu'un seul faisceau, tandis que la fe^{I} en reçoit trois. Ces

trois caractères (apparition successive, inégalité de taille à l'état adulte et différence de niveau d'insertion) se retrouvent aux six ou sept nœuds suivants; les feuilles de ces nœuds reçoivent chacune trois faisceaux, provenant toujours des réparateurs A, B, C, D. On peut faire passer une spirale régulière, tantôt dextre, tantôt senestre, par les feuilles les plus jeunes ou par les feuilles les plus âgées de chaque paire. Ces appendices sont cependant placés en croix, mais non rigoureusement opposés l'un à l'autre.

A partir du huitième ou neuvième nœud, les feuilles de chaque paire sont franchement opposées-décussées, égales, insérées au même niveau et apparaissent simultanément; elles reçoivent toutes trois faisceaux.

La *tige principale* comprend deux régions qui correspondent aux deux manières d'être des feuilles :

1° La région à structure variable, formée des sept ou huit premiers segments. Les entre-nœuds contiennent moins de douze faisceaux; ordinairement six gros (parfois cinq seulement) et deux, quatre ou cinq petits. Dans les nœuds, le parcours de ces faisceaux est très irrégulier et fort variable;

2° La région à structure constante, à partir du huitième ou neuvième segment. Les entre-nœuds renferment toujours douze faisceaux (six gros et six petits) qui se ramifient et s'anastomosent d'une façon très régulière dans les nœuds. Cette structure se retrouve dans la plante adulte.

Il arrive que certains nœuds ne portent qu'une feuille, l'autre ayant été reportée au nœud suivant. Cette anomalie rend plus évidente la spire qui existe dans la région inférieure des individus normaux. On peut dire que la disposition opposée-décussée de la Clématite n'est pas primordiale, mais que le type décussé provient d'ancêtres à feuilles spiralées.

D'un autre côté, l'existence assez fréquente de cinq gros faisceaux et de cinq côtes aux premiers entre-nœuds des tiges principales rappelle d'une façon étonnante la disposition par cinq qu'on observe fréquemment chez d'autres Renonculacées, notamment le *Ranunculus arvensis*. Si nous comparons cette dernière plante au *Clematis vitalba* au point de vue du nombre des fais-

ceaux de la tige et de la disposition des feuilles, nous obtiendrons le tableau suivant :

	RANUNCULUS ARVENSIS.		CLEMATIS VITALBA.	
	Faisceaux dans la tige.	Disposition des appendices.	Faisceaux dans la tige.	Disposition des appendices.
Cotylédons et 1re paire de feuilles . .	4	Opposition.	4	Opposition.
Nœuds 2 à 7 .	5	Alternance.	Souvent 5 gros.	Disposition spiralée plus ou moins évidente.
Nœuds suivants	5	Alternance.	Toujours 6 gros.	Opposition acquise.

La croissance de la tige principale est indéterminée ; le premier hiver détruit toute la partie supérieure de cette tige.

La *racine principale* contient un faisceau bipolaire et prend un grand développement. Le parenchyme cortical se décortique. Une assise subéreuse à la surface.

PLANTE ADULTE.

1. Tiges. — Toutes les tiges de la plante adulte sont équivalentes. Leur croissance est indéterminée : aucune simplification ne se manifeste dans leur structure vers l'extrémité en automne. Elles reçoivent deux faisceaux de la tige-mère. On doit distinguer deux régions. Dans la première, longue de quelques millimètres et comprenant deux, trois ou quatre segments, on trouve six gros faisceaux provenant de la trifurcation des faisceaux d'insertion et un nombre variable de petits faisceaux apparaissant plus tard ; le parcours est irrégulier, mais se rapproche néanmoins du parcours normal. La deuxième région, comprenant un nombre indéterminé de segments à longs entre-

nœuds, renferme dans toute son étendue douze faisceaux dont six gros réparateurs et six intercalaires plus petits. Tous marchent parallèlement dans les entre-nœuds. Les premiers se trifurquent un peu en dessous du nœud; par suite, les faisceaux foliaires ont dans la tige un trajet libre fort court. Après la sortie des foliaires, des anastomoses très régulières reconstituent les six réparateurs. Quant aux intercalaires différenciés plus ou moins tardivement, ils n'ont aucun rapport avec les feuilles; ils commencent aux réparateurs d'un nœud pour finir aux réparateurs du nœud suivant.

De l'ensemble des études d'histologie et d'histogenèse, on peut conclure que, dans la tige, l'écorce n'est pas nettement limitée vers l'intérieur, si ce n'est derrière les faisceaux. Il y a lieu de distinguer dans le tissu fondamental trois régions : une interne, des interfasciculaires et une externe. On ne remarque ni endoderme continu ni assise plissée ou amylifère. La gaine continue de sclérenchyme est formée de portions intrafasciculaires et de portions interfasciculaires. Les premières se différencient avant les secondes, mais, à l'état adulte, il n'est pas possible de les distinguer histologiquement l'une de l'autre. Dans les deux portions, il y a des fibres longues et des fibres courtes, toutes sans méats, de même diamètre et à parois également épaissies.

La partie inférieure des tiges est seule persistante; le reste est détruit pendant l'hiver.

2. Feuilles. — Les feuilles des tiges axillaires sont polymorphes comme celles de la tige principale, mais celles d'une même paire apparaissent en même temps, sont insérées au même niveau et se développent également. D'ordinaire les feuilles de la première paire sont plus ou moins rudimentaires et simplement dentées; celles de la deuxième paire, trilobées ou trifoliolées; les suivantes ont cinq ou sept folioles. Les deux premières feuilles reçoivent tantôt un, tantôt trois faisceaux; les autres, toujours trois. Les folioles s'attachent sur le pétiole commun à peu près comme le bourgeon sur la tige-mère.

Quant à l'histologie des feuilles, elle varie peu. L'épiderme

externe seul est percé de stomates; ceux-ci sont au niveau de la surface et surmontés de deux replis saillants de la cuticule; il n'y a ni glandes ni cristaux, mais des poils unicellulaires simples, droits, effilés, à membrane plus épaisse d'un côté que de l'autre. Sur le sommet de la tige et les feuilles jeunes, on rencontre en outre des poils claviformes; ceux-ci tombent assez tôt, de sorte qu'on n'en trouve plus sur les feuilles situées plus bas.

Au point de vue de l'histogenèse, trois assises cellulaires constituent le mésophylle de la feuille jeune : l'assise interne produit le parenchyme en palissade; l'assise externe engendre le parenchyme spongieux; l'assise moyenne donne naissance aux nervures, puis se confond avec le parenchyme spongieux.

3. Racines. — Elles contiennent un faisceau bi- ou tripolaire. Tissus secondaires abondants; décortication du parenchyme cortical et production d'une couche subéreuse.

SECONDE PARTIE

CHAPITRE PREMIER.

Clematis integrifolia L.

§ 1. LES PLANTULES.

1. Axe hypocotylé. — Long d'environ 1 centimètre (fig. 95). Le Tf^{2i} en face des deux pôles ligneux est formé d'éléments sclérifiés (fig. 96). Le contact entre les faisceaux cotylédonaires, les faisceaux foliaires et les faisceaux réparateurs, d'une part, et le faisceau bipolaire de la racine, d'autre part, se fait comme dans le *C. vitalba.*

2. Cotylédons. — Ils sont épigés. Le pétiole et le limbe mesurent chacun plus d'un centimètre (fig. 95). Chaque cotylédon reçoit trois faisceaux; le médian est formé, comme dans le *C. vitalba,* de deux faisceaux sortis de l'axe hypocotylé avec les pôles centripètes; les latéraux se détachent des faisceaux M^1 et M^1 (fig. 97 et 99). Le limbe cotylédonaire est parcouru par sept nervures. Histologie comme dans le *C. vitalba.*

3. Tige principale. — Quatre faisceaux; section carrée. Au point de vue histologique, rien de particulier.

La figure 99 montre le parcours dans la tige et leur sortie dans les feuilles.

4. Feuilles. — Les feuilles de la première paire sont écailleuses (fig. 95); elles ne reçoivent qu'un faisceau. L'entre-nœud 1 est presque nul. Les feuilles de la deuxième paire sont peu développées et d'inégale grandeur; la plus petite, qui est la plus ancienne, ne reçoit qu'un faisceau ; la plus grande en reçoit trois. Les feuilles suivantes sont entières, ovales-lancéolées, sessiles, toutes à peu près égales; elles reçoivent trois faisceaux (fig. 99).

Histologie comme dans le *C. vitalba*. L'histogenèse permet de déceler l'existence d'une assise moyenne dans le mésophylle des feuilles jeunes. C'est dans l'épaisseur de cette assise moyenne qui s'arrête à quelque distance des bords du limbe, que les nervures prennent naissance par le recloisonnement d'une cellule. Cette genèse est bien évidente, notamment pour les faisceaux latéraux dans la figure 98 qui représente la section transversale du limbe de la *fe* II provenant d'une plantule au début de la germination.

5. Racine principale. — Faisceau bipolaire; endoderme mieux caractérisé que dans le *C. vitalba*.

§ 2. TIGE DE LA PLANTE ADULTE.

Structure. — Six gros faisceaux et six petits; leur parcours dans la tige et leur sortie dans les feuilles sont absolument les mêmes que dans le *C. vitalba* (fig. 100).

Histologie. — Le tissu fondamental externe est collenchymateux sur toute la circonférence de la tige; il l'est toutefois beaucoup plus sous les côtes que dans les sillons.

La gaine de sclérenchyme est formée de massifs de fibres extérieures au liber reliés entre eux par des cellules sclérifiées interfasciculaires que l'on reconnaît à leur diamètre plus grand et aux méats qu'elles laissent entre elles (fig. 101). Les rayons médullaires sont sclérifiés.

CHAPITRE II.

Clematis viticella L.

§ 1. LES PLANTULES.

Des graines d'une même provenance ont été semées dans un pot en mars 1893. Quelques-unes ont germé après quelques mois; les autres seulement après un an. Deux plantules ont été étudiées : l'une, A (fig. 102), choisie parmi les germinations tardives, l'autre, B, parmi les germinations hâtives.

L'individu A semble avoir pris, au sein de l'albumen, un grand développement avant de sortir de la graine : il montre, en effet, six faisceaux dans l'entre-nœud [1] et trois faisceaux à chaque feuille de la première paire. L'individu B semble avoir pris, au contraire, un développement moins grand avant de sortir : il contient seulement quatre faisceaux dans l'entre-nœud [1] et un faisceau pour chaque feuille de la première paire. Il est à remarquer que dans le *C. viticella* les cotylédons sont hypogés. L'utilisation de l'albumen a pu se faire presque entièrement avant la sortie et la différenciation de l'embryon pour l'individu A, tandis qu'elle a pu se faire, en majeure partie, après la sortie de l'embryon et sa différenciation pour l'individu B. En d'autres termes, A aurait utilisé presque toutes les réserves de l'albumen avant de se différencier, comme dans le cas d'une graine exalbuminée, et B se serait différencié avant d'avoir absorbé tout l'albumen.

1. Axe hypocotylé. — Il ne mesure qu'un millimètre de longueur (fig. 102).

Histologie comme dans le *C. integrifolia*. Rien de particulier dans la région du contact.

2. Cotylédons hypogés. — Chaque cotylédon reçoit trois faisceaux (L, M, L) comme dans le *C. integrifolia* (voy. la figure 106, qui est le schéma du nœud cotylédonaire de la plantule B).

3. Tige principale. — Quatre, cinq ou six faisceaux. Une couche subéreuse à l'extérieur du liber mou. Rayons médullaires sclérifiés.

4. Feuilles. — Celles des deux premières paires sont très petites, plus ou moins cachées sous le sol. Les autres sont ovales-lancéolées, entières.

Histologie comme dans le *C. vitalba*.

Les figures 103 et 105 montrent respectivement le parcours dans la tige principale des plantules A et B.

5. Racine principale. — Comme dans le *C. integrifolia*.

PLANTULE ANOMALE.

Dans une autre plantule, les cotylédons et les feuilles étaient verticillés par ^{3} (fig. 107).

1. Axe hypocotylé. — Faisceau tripolaire.

2. Cotylédons. — Chacun des trois cotylédons reçoit un faisceau médian formé par la réunion de deux branches, et deux faisceaux latéraux comme dans les plantules normales (fig. 108 à comparer à la fig. 106 ; voyez aussi fig. 109). Les pôles ligneux centripètes de la racine sont entraînés avec le faisceau médian dans le pétiole du cotylédon.

3. Tige principale. — La figure 109 représente le parcours des faisceaux dans la tige et leur sortie dans les feuilles.

4. Feuilles. — Elles sont courtes à tous les nœuds ; celles du deuxième nœud sont inégales. Comme les cotylédons, les feuilles reçoivent trois faisceaux. Dans chaque feuille, trois nervures seulement. Mésophylle homogène ; quelques cellules collenchymateuses autour des faisceaux.

5. Racine principale. — Faisceau tripolaire.

§ 2. TIGE DE LA PLANTE ADULTE.

La tige du *C. viticella* est identique à celle du *C. integrifolia* au point de vue du nombre et du parcours des faisceaux, ainsi qu'au point de vue de l'histologie. On remarque seulement que le collenchyme est très peu abondant dans les sillons.

CHAPITRE III.

Clematis flammula L.

§ 1. LES PLANTULES.

1. Axe hypocotylé. — Il mesure 4 à 5 millimètres de longueur (fig. 110). Histologie comme dans le *C. integrifolia.* La région du contact ne présente rien de particulier; nous représentons toutefois (fig. 114) une coupe très démonstrative faite à la base du nœud cotylédonaire : elle peut facilement être comparée à celle pratiquée au même endroit dans le *C. vitalba* (fig. 18).

2. Cotylédons. — Ordinairement épigés, les cotylédons restent parfois emprisonnés dans le spermoderme et sont alors hypogés.

Le pétiole cotylédonaire est long de près de 1 centimètre; le limbe, de 5 millimètres. Chaque cotylédon ne reçoit qu'un seul faisceau formé par la réunion de deux branches qui entraînent avec elles les trachées du bois centripète de l'axe hypocotylé. Cette organisation est identique à celle du *C. vitalba.*

Le limbe est parcouru par trois nervures. Histologie comme dans le *C. vitalba.*

3. Tige principale. — Les entre-nœuds sont longs, grêles et rigides. Quatre faisceaux. Histologie comme dans les espèces précédentes.

La figure 111 montre le parcours des faisceaux dans la tige principale et leur sortie dans les feuilles.

4. Feuilles. — Les feuilles de la première paire sont écailleuses; elles ne reçoivent qu'un faisceau. Les feuilles suivantes, ovales, entières, sont également développées et insérées au même niveau; elles reçoivent trois faisceaux. Histologie comme dans le *C. vitalba.*

5. Racine principale. — Faisceau bipolaire.

§ 2. TIGE DE LA PLANTE ADULTE.

Structure. — Six gros faisceaux, six moyens et de trois à douze petits (fig. 112). Les six gros seuls sont en rapport avec les feuilles. Les autres, comme les six petits faisceaux des espèces précédentes, apparaissent plus ou moins tardivement et se rattachent aux faisceaux réparateurs (fig. 113). Histologie comme dans le *C. integrifolia* et le *C. viticella*.

Remarque. La tige du *C. heraclœefolia* que je n'ai pu étudier qu'à l'état adulte est identique à celle du *C. flammula*.

CHAPITRE IV.

Clematis recta L.

§ 1. LES PLANTULES.

Extérieurement, les plantules du *C. recta* sont à peu près identiques à celles du *C. flammula.*

1. Axe hypocotylé. — Long d'environ 2 millimètres, il ne présente rien de particulier au point de vue de l'histologie, ni dans la région du contact.

2. Cotylédons. — Les cotylédons des deux plantules étudiées étaient emprisonnés dans le spermoderme et hypogés (1). Ils reçoivent un seul faisceau formé de deux branches et présentent la même structure que ceux du *C. vitalba.*

3. Tige principale. — Parcours et histologie comme dans le *C. flammula.*

4. Feuilles. — Comme dans le *C. flammula.*

5. Racine principale. — Faisceau bipolaire.

(1) M. Lubbock, dans son ouvrage sur la vie des plantes, décrit les cotylédons du *C. recta* comme hypogés. Irmisch (*Zur Naturgeschichte von* Melitis Melissophylum [Bot. Zeitung, 6. August 1858]) a observé que les cotylédons épais et ordinairement épigés du *C. recta* et du *C. corymbosa* restent parfois sous terre.

§ 2. TIGE DE LA PLANTE ADULTE.

Structure. — Ressemble beaucoup à celle du *C. flammula*. Vingt-deux faisceaux : six gros, quatre moyens et douze petits. Les six gros seuls sont en rapport avec les feuilles. Les faisceaux moyens se trouvent à droite et à gauche du faisceau médian de chaque feuille (fig. 115).

CHAPITRE V.

Atragene alpina L.

§ 1. LES PLANTULES.

1. Axe hypocotylé. — Des coupes successives dans sa partie supérieure confirment ce qui a été constaté dans les espèces précédentes. Histologie comme dans la racine principale (voir plus loin).

2. Cotylédons épigés. — Leur pétiole mesure 10 millimètres et leur limbe 15 millimètres. Chaque cotylédon ne reçoit qu'un seul faisceau qui, dans le pétiole, se divise en trois, puis en cinq faisceaux par suite de deux trifurcations successives. Histologie comme dans le *C. vitalba.*

3. Tige principale. — Elle reste très courte durant la première année et se termine, à la fin de l'été, par un bourgeon protégé par des feuilles pérulaires (fig. 118). Le parcours des faisceaux est représenté par la figure 120. On remarquera qu'il y a quatre faisceaux réparateurs (A, B, C, D) très apparents, et que les faisceaux foliaires (médians et latéraux) se détachent à droite et à gauche de ces réparateurs.

4. Feuilles. — Les feuilles des deux premières paires sont inégalement développées. Au premier nœud, la feuille la plus ancienne (fe^1) est un peu plus petite et simplement crénelée; l'autre (fe^1) est trilobée (fig. 118). Les feuilles du deuxième nœud sont trilobées (fig. 116). A partir du troisième nœud, les feuilles de chaque paire sont égales et trifoliolées. Les feuilles pérulaires du bourgeon terminal ont un limbe rudimentaire, poilu; la portion inférieure est longue et élargie (fig. 119).

L'étude du parcours et de la vernation, dans des plantules suffisamment jeunes, démontre que les feuilles de chaque paire naissent à des niveaux différents et qu'à chaque nœud les feuilles les plus anciennes (*fe* [1], [2], [3], [4]) sont toutes rejetées d'un côté et les feuilles les plus jeunes (*fe* [I], [II], [III], [IV]), de l'autre. Il en résulte que les premiers appendices de la tige principale sont disposés dans un ordre distique presque régulier (fig. 117). Ce n'est qu'à partir du cinquième ou sixième nœud que les feuilles s'attachent au même niveau et sont distinctement opposées-décussées. Comme le *C. vitalba*, l'*Atragene alpina* dérive d'ancêtres à feuilles alternes.

Rien de particulier au point de vue histologique.

5. Racine principale. — Faisceau bipolaire; endoderme recloisonné radialement; parenchyme cortical mortifié (fig. 121). Des deux couches de cellules que le péricycle présente en face des pôles ligneux, l'interne est destinée à compléter la zone génératrice circulaire en formant deux arcs interlibériens; ceux-ci fonctionnent, non comme un cambium, ainsi que cela a lieu chez le *C. vitalba* (fig. 28 et 39, pl. XVIII et XIX), mais comme du cambiforme, c'est-à-dire qu'ils donnent naissance à du tissu fondamental secondaire interne et à du tissu fondamental secondaire externe, tous deux formés de cellules à parois minces (fig. 121).

Dans les racines âgées, il se forme un suber exfoliateur à l'extérieur du liber.

§ 2. TIGE DE LA PLANTE ADULTE.

La tige étudiée mesurait 33 centimètres de long et présentait neuf nœuds visibles extérieurement. A sa base (fig. 122), on distinguait trois paires de feuilles pérulaires petites, ovales. Une coupe transversale dans un bourgeon non encore développé montre ces trois paires de pérules en même temps que trois paires de jeunes feuilles et la tige au stade méristématique (fig. 123). Sur une coupe transversale dans une feuille pérulaire (fig. 124), on voit, outre le faisceau, un parenchyme composé de cellules à parois très épaisses et un épiderme à cellules aplaties à parois également épaissies (exemple remarquable d'adaptation de la feuille à la fonction purement protectrice des pérules).

Parcours. — Les deux faisceaux que la tige reçoit de la tige-mère se trifurquent bientôt comme dans le *C. vitalba* (fig. 125). Entre les six faisceaux ainsi formés, en apparaissent d'autres plus petits, en nombre variable, que l'on ne retrouve plus au-dessus du quatrième nœud.

Des six faisceaux principaux se détachent *latéralement* les foliaires médians et latéraux destinés aux trois premières paires de feuilles, c'est-à-dire aux feuilles pérulaires. A partir du quatrième segment, au contraire, les entre-nœuds contiennent six gros faisceaux qui, en se ramifiant dans les nœuds, donnent naissance aux foliaires : le parcours est dès lors identique à celui du *C. vitalba*.

Histologie. — Sur une coupe transversale dans une tige d'un an, on voit (fig. 126 et 127) autour d'une grande lacune centrale :

1° Les restes du tissu fondamental primaire interne;

2° Le bois primaire et le bois secondaire;

3° Le tissu fondamental interfasciculaire non sclérifié; en d'autres termes, les rayons médullaires sont parenchymateux;

4° Une zone génératrice continue fonctionnant en certains points comme cambium, en d'autres comme cambiforme;

5° Contre le liber, un suber exfoliateur;

6° Une gaine de sclérenchyme constituée par des fibres sans méats en face des faisceaux et par des fibres un peu plus larges avec méats dans l'intervalle entre les faisceaux;

7° Le tissu fondamental primaire externe avec collenchyme sous les côtes.

Dans une tige plus âgée, le liber primaire est écrasé; le suber exfolie la gaine de sclérenchyme en même temps que le tissu fondamental externe mortifié.

RÉSUMÉ DE LA SECONDE PARTIE.

I. **Clematis integrifolia** L.

Plantules. — Dans la racine, l'endoderme, mieux caractérisé que dans le *C. vitalba,* montre les plissements des membranes radiales. Les cotylédons reçoivent chacun trois faisceaux (LML). Les feuilles de la première paire sont écailleuses et l'entrenœud 1 presque nul. Le parcours des faisceaux est beaucoup plus simple, plus régulier, que dans les plantules du *C. vitalba.*

Tige de la plante adulte. — Gaine de sclérenchyme formée de portions intrafasciculaires sans méats et de portions interfasciculaires méatiques. Rayons médullaires sclérifiés. Même parcours que dans le *C. vitalba.*

II. **Clematis viticella** L.

Plantules. — Comme dans le *C. integrifolia,* sauf que les cotylédons sont hypogés.

Dans une des plantules étudiées, les cotylédons et les feuilles sont verticillés par trois. Le faisceau libéro-ligneux de la racine est tripolaire. Tous les appendices reçoivent trois faisceaux et le parcours est régulier.

Tige de la plante adulte. — Comme dans le *C. integrifolia.*

III. **Clematis flammula** L.

Plantules. — Comme dans les deux espèces précédentes, sauf que l'endoderme de la racine est sans plissements et que les cotylédons ne reçoivent qu'un faisceau.

Tige de la plante adulte. — Comme dans les espèces précédentes, sauf que les faisceaux intercalaires sont plus nombreux : il y en a dix-huit, dont six plus gros que les autres.

IV. Clematis recta L.

Plantules. — Comme dans le *C. flammula.*

Tige de la plante adulte. — Vingt-deux faisceaux : six gros, quatre moyens et douze petits.

V. Atragene alpina L.

Plantules. — Les cotylédons ne reçoivent qu'un faisceau. La tige principale est très courte. Comme dans le *C. vitalba,* les feuilles des premières paires sont de grandeur différente et ne s'insèrent pas au même niveau. Les *fe* ^{1}, ^{2}, ^{3}, ... sont rejetées d'un côté; les *fe* ^{I}, ^{II}, ^{III}, ... de l'autre, disposition qui se rapproche de la disposition distique et démontre que l'*Atragene alpina,* comme le *C. vitalba,* dérive d'ancêtres à feuilles alternes.

Dans la racine principale et l'axe hypocotylé, il existe un cambiforme qui se différencie en tissu fondamental secondaire interne et en tissu fondamental secondaire externe.

Tige de la plante adulte. — Six faisceaux ayant le même parcours que les six gros faisceaux du *C. vitalba.* Gaine de selérenchyme ; rayons médullaires parenchymateux.

L'adaptation à la vie alpine se manifeste par la transformation de certaines feuilles en écailles pérulaires qui protègent, pendant l'hiver, le bourgeon terminal de la tige principale et tous les bourgeons de la plante adulte.

ABRÉVIATIONS.

A. h.	Axe hypocotylé.
Ass. pil.	Assise pilifère.
B^1.	Bois primaire.
B^2.	Bois secondaire.
Bg.	Bourgeon.
Cb.	Cambium.
Cbf	Cambiforme.
Coll.	Collenchyme.
cot.	Cotylédon antérieur.
COT.	Cotylédon postérieur.
Cf.	Coiffe.
End.	Endoderme.
Ép.	Épiderme.
ext.	externe.
faisc. cot.	Faisceau cotylédonaire.
Fe.	Feuille.
int.	interne.
L.	Faisceau latéral.
L^1.	Liber primaire.
L^2.	Liber secondaire.
M.	Faisceau médian.
m.	Faisceau marginal.
M. p.	Méristème primitif.
n.	Nœud.
O.	Faisceau opposé.
Par. amyl.	Parenchyme amylifère
Par. cort.	Parenchyme cortical.
Pér.	Pérule.
Péric.	Péricycle.
Rc.	Racine.
R. p.	Racine principale.
Scl	Sclérenchyme.
Sub.	Suber.
t^1.	Trachée initiale.
t. C.	Trachée du faisceau cotylédonaire.
Tf^{2e}.	Tissu fondamental secondaire externe.
Tf^{2i}.	Tissu fondamental secondaire interne.
Tg.	Tige.
t. R.	Trachée du faisceau de la racine.

PLANCHES.

PLANCHE XV.

EXPLICATION DE LA PLANCHE XV.

CLEMATIS VITALBA L.

Embryon dans la graine.

Fig. 1. — Milieu de l'axe hypocotylé (p. 5).

Fig. 2. — Base des cotylédons et méristème de la tige (p. 6).

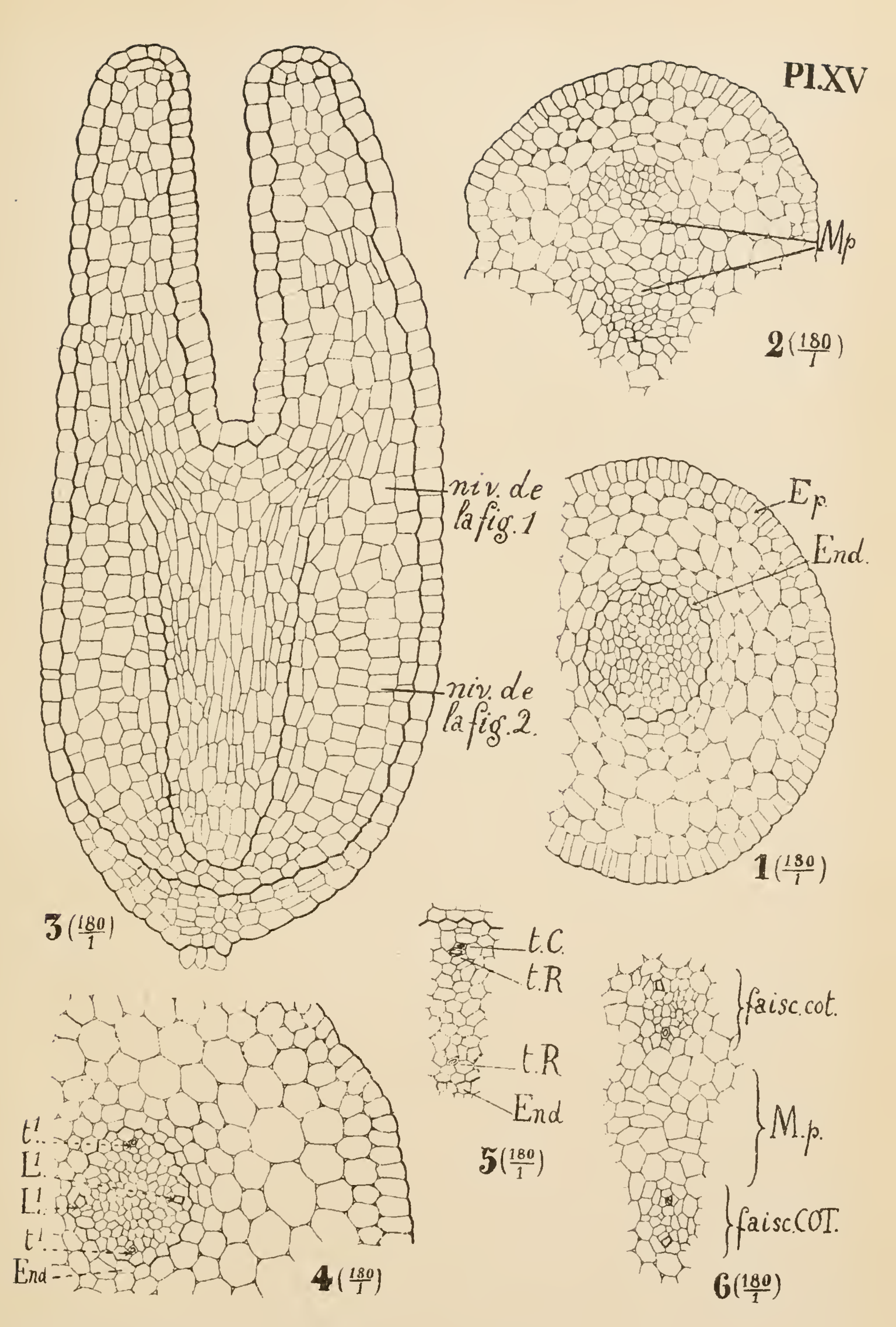
Fig. 3. — Coupe longitudinale de l'embryon suivant le plan principal de symétrie (p. 6).

Stade I de la germination.

Fig. 4. — Milieu de l'axe hypocotylé : différenciation des pôles libériens et des pôles ligneux (p. 7).

Fig. 5. — Région d'insertion des cotylédons du même : au pôle antérieur, contact de la trachée initiale du faisceau cotylédonaire (*t.* C.) avec la trachée initiale du faisceau de l'axe hypocotylé *t.* R. (p. 7).

Fig. 6. — Coupe du même à la base des cotylédons : différenciation libéro-ligneuse des faisceaux cotylédonaires à bois centrifuge (p. 7).



C. VITALBA. Fig. 1 à 3: Embryon dans la graine.
Fig. 4 à 6: Stade I de la germination.

R. Sterckx ad. nat. del.



PLANCHE XVI.

EXPLICATION DE LA PLANCHE XVI.

CLEMATIS VITALBA L.

Stade I (suite).

Fig. 7. — Coupe vers le milieu d'un cotylédon (p. 7).

Stade II.

Fig. 8. — Plantule au deuxième stade de la germination (p. 8).

Fig. 9. — Milieu de l'axe hypocotylé (p. 8).

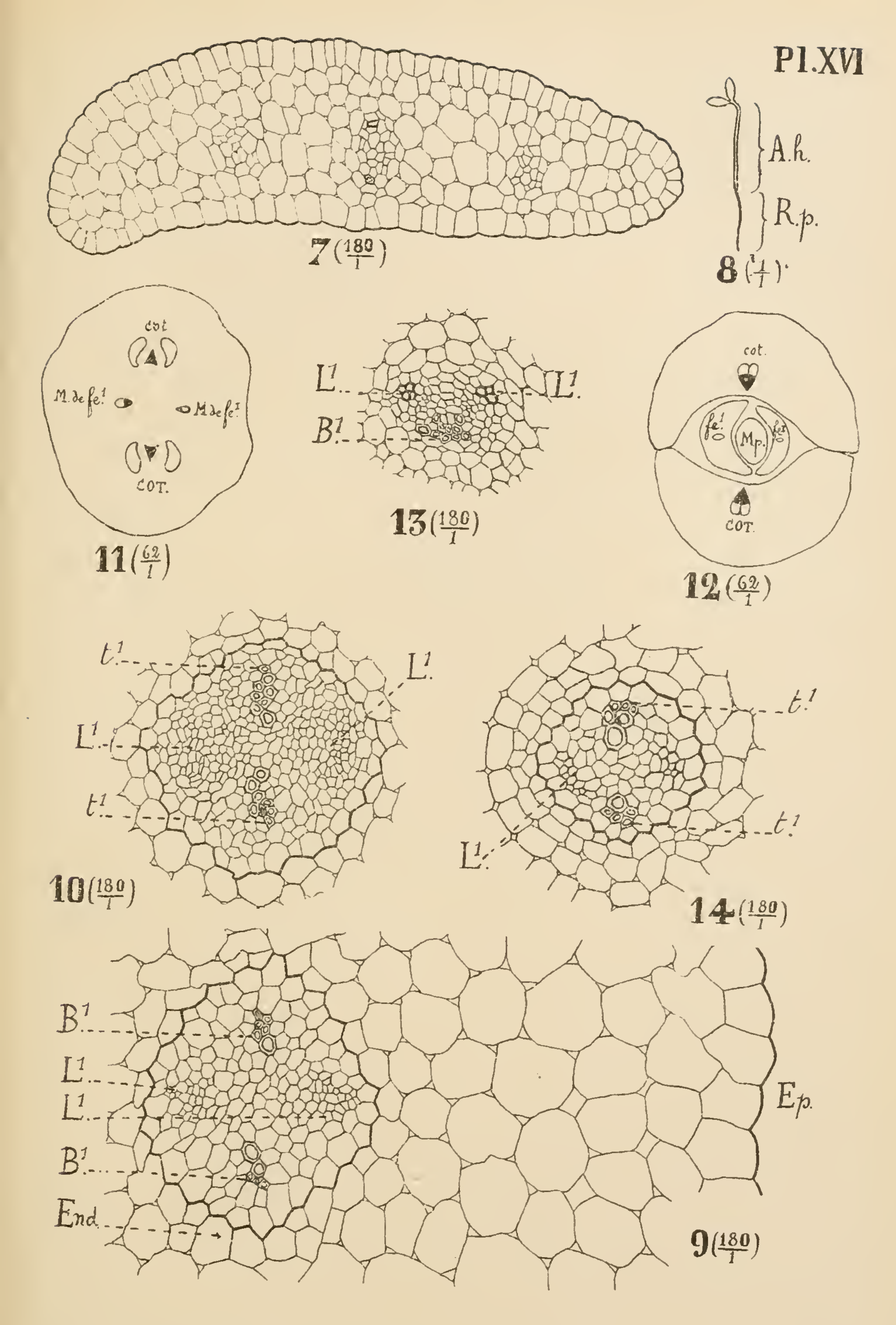
Fig. 10. — Région supérieure du même (p. 8).

Fig. 11. — Nœud cotylédonaire du même (p. 9).

Fig. 12. — Bourgeon terminal du même (p. 9).

Fig. 13. — Faisceau de l'un des cotylédons de la coupe précédente grossi davantage (p. 9).

Fig. 14. — Racine principale (p. 9).



C. VITALBA. Fig. 7: Stade I (suite).

Fig. 8 à 14: Stade II

R. Sterckx ad. nat. del.



PLANCHE XVII.

EXPLICATION DE LA PLANCHE XVII.

CLEMATIS VITALBA L.

Stade III.

Fig. 15. — Plantule au troisième stade de la germination (p. 10).

Fig. 16. — Milieu de l'axe hypocotylé (p. 10).

Fig. 17. — Contact des faisceaux médians (à bois centrifuge) de la fe^1 et de la fe^1 avec le faisceau (à bois centripète) de l'axe hypocotylé (p. 10).

Fig. 18. — Contact des faisceaux cotylédonaires avec les pôles ligneux de l'axe hypocotylé (p. 10).

Fig. 19. — Ensemble au niveau de la sortie des faisceaux cotylédonaires (p. 11).

Fig. 20. — Ensemble au niveau du bourgeon terminal (p. 11).

Fig. 21. — Spire phyllotaxique passant par *cot.*, fe^1, fe^2 (p. 11).

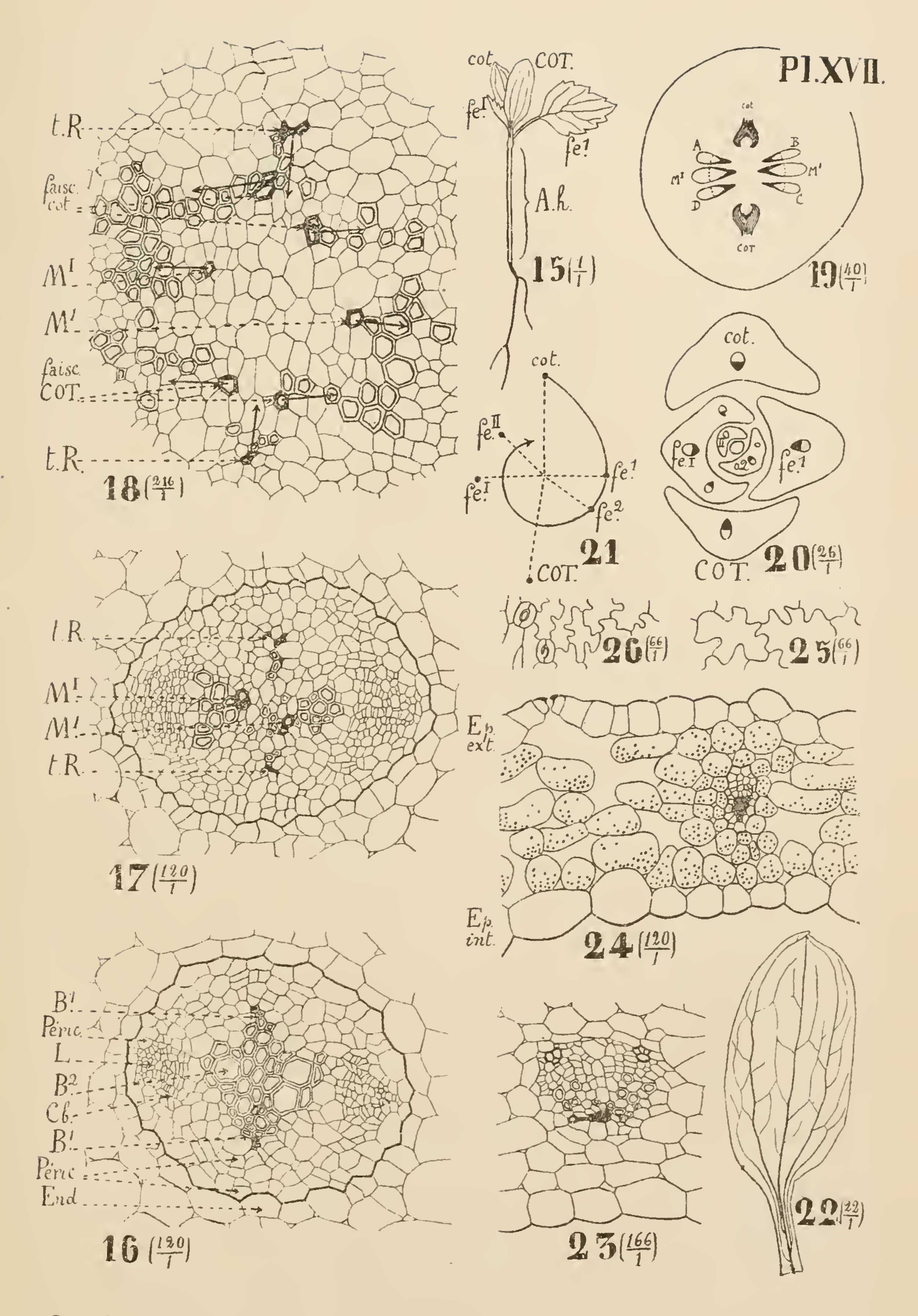
Fig. 22. — Cotylédon de la plantule de la figure 15 (p. 12).

Fig. 23. — Faisceau dans la région inférieure d'un pétiole cotylédonaire : bois centripète écrasé contre le bois centrifuge. Ce faisceau provient de la fusion de deux faisceaux dont les pôles libériens sont encore bien apparents (p. 12).

Fig. 24. — Milieu du limbe cotylédonaire (p. 12).

Fig. 25. — Épiderme interne (supérieur) du limbe cotylédonaire (p. 12).

Fig. 26. — Épiderme externe (inférieur) du même (p. 12).



C. VITALBA. Stade III

R Sterckx ad. nat. del.

PLANCHE XVIII.

EXPLICATION DE LA PLANCHE XVIII.

CLEMATIS VITALBA L.

Stade IV.

Fig. 27. — Plantule au quatrième stade de la germination (p. 13).

Fig. 28. — Milieu de l'axe hypocotylé (p. 13).

Fig. 29. — Base du nœud cotylédonaire du même (p. 14).

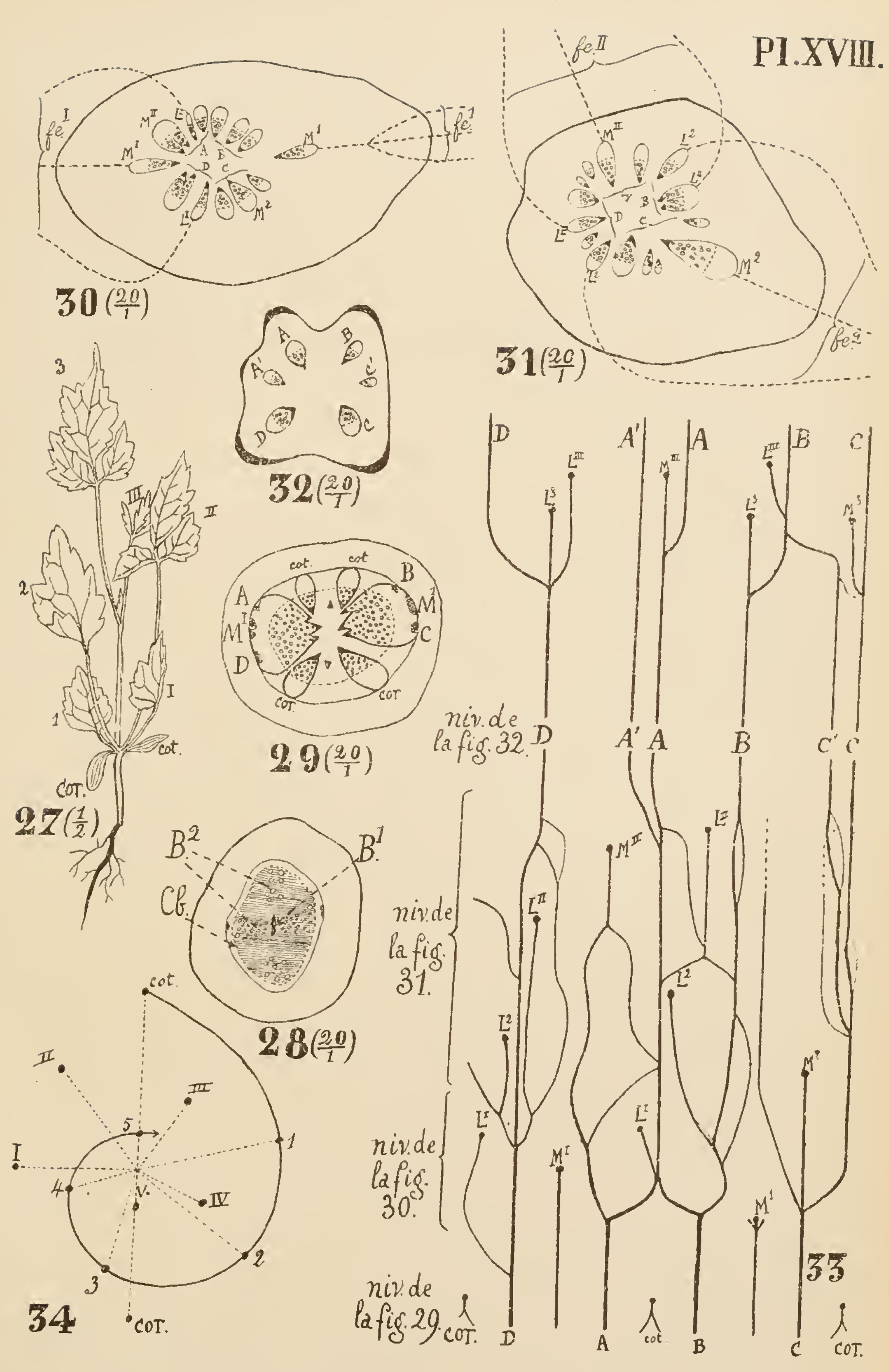
Fig. 30. — Projection du premier nœud (fe^{1} et fe^{I}) (p. 14).

Fig. 31. — Projection du deuxième nœud (fe^{2} et fe^{II}) (p. 14).

Fig. 32. — Milieu de l'entre-nœud ^{3} (p. 14).

Fig. 33. — Parcours des faisceaux dans la tige de la plantule de la figure 27 (p. 14).

Fig. 34. — Spire phyllotaxique passant par *cot.*, fe^{1}, fe^{2}, fe^{3}, fe^{4}, fe^{5} (p. 14).



C. VITALBA. Stade IV

R. Sterckx ad. nat. del.

PLANCHE XIX.

EXPLICATION DE LA PLANCHE XIX.

CLEMATIS VITALBA L.

Stade IV (suite).

Fig. 35. — Portion de la coupe au milieu de l'axe hypocotylé (p. 13).

Fig. 36. — Une trachéide au même niveau (p. 13).

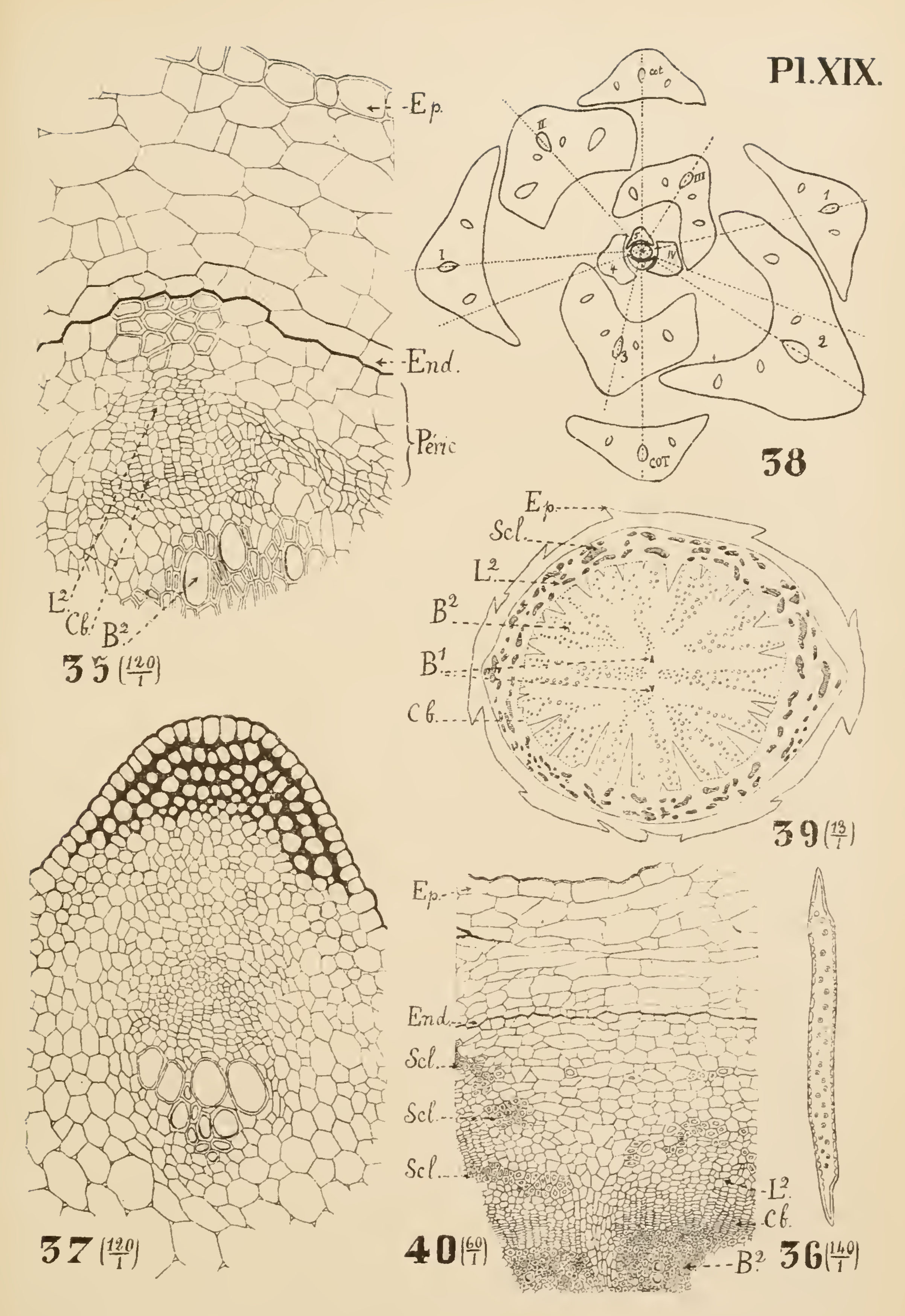
Fig. 37. — Faisceau A au milieu du troisième entre-nœud de la tige principale (p. 15).

Fig. 38. — Projection des appendices (p. 15).

Stade V.

Fig. 39. — Milieu de l'axe hypocotylé (p. 17).

Fig. 40. — Portion grossie de la coupe précédente (p. 17).



C. VITALBA. Fig. 35 à 38: Stade IV (suite)

Fig. 39 et 40: Stade V

R. Sterckx ad nat. del.

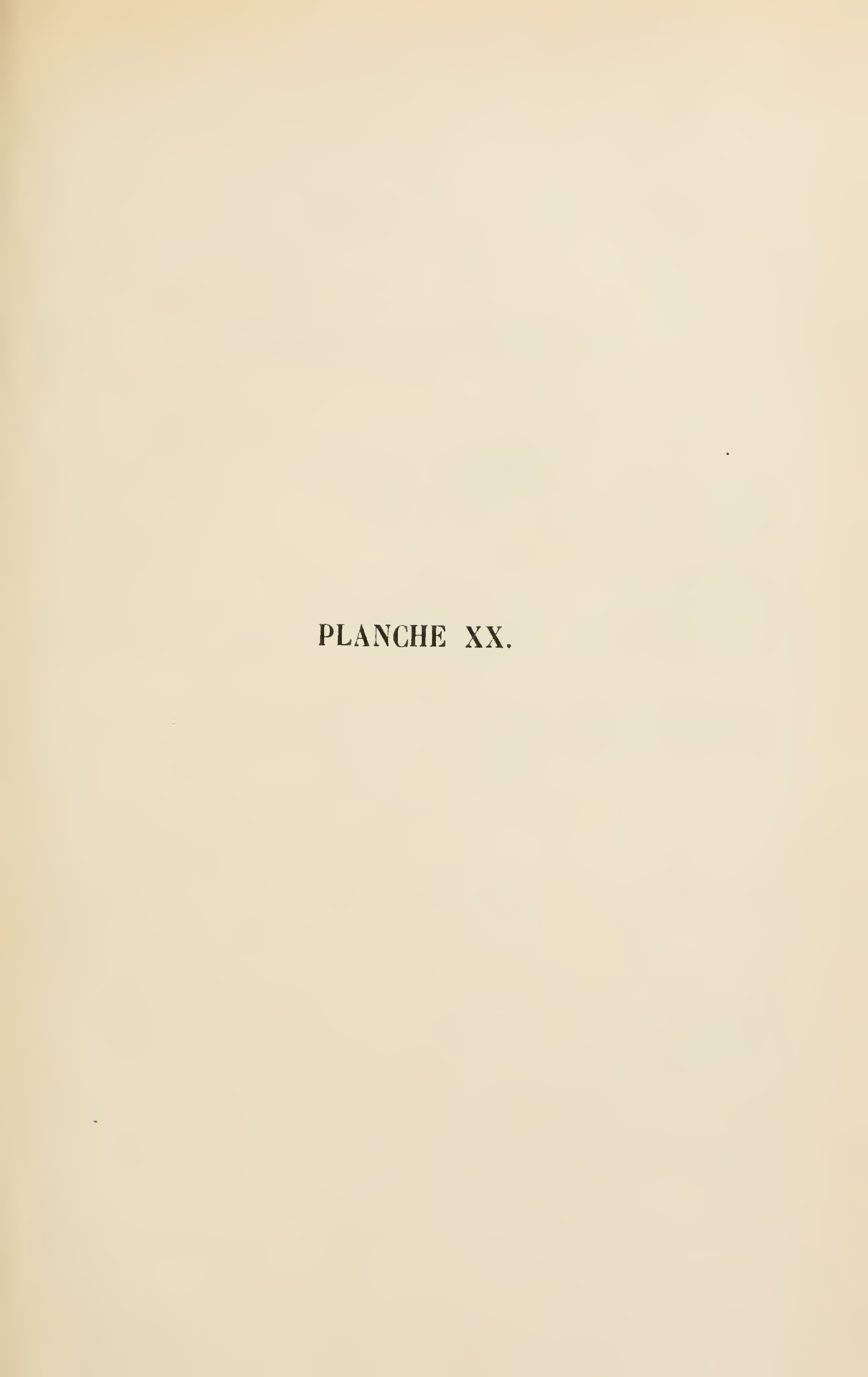


PLANCHE XX.

EXPLICATION DE LA PLANCHE XX.

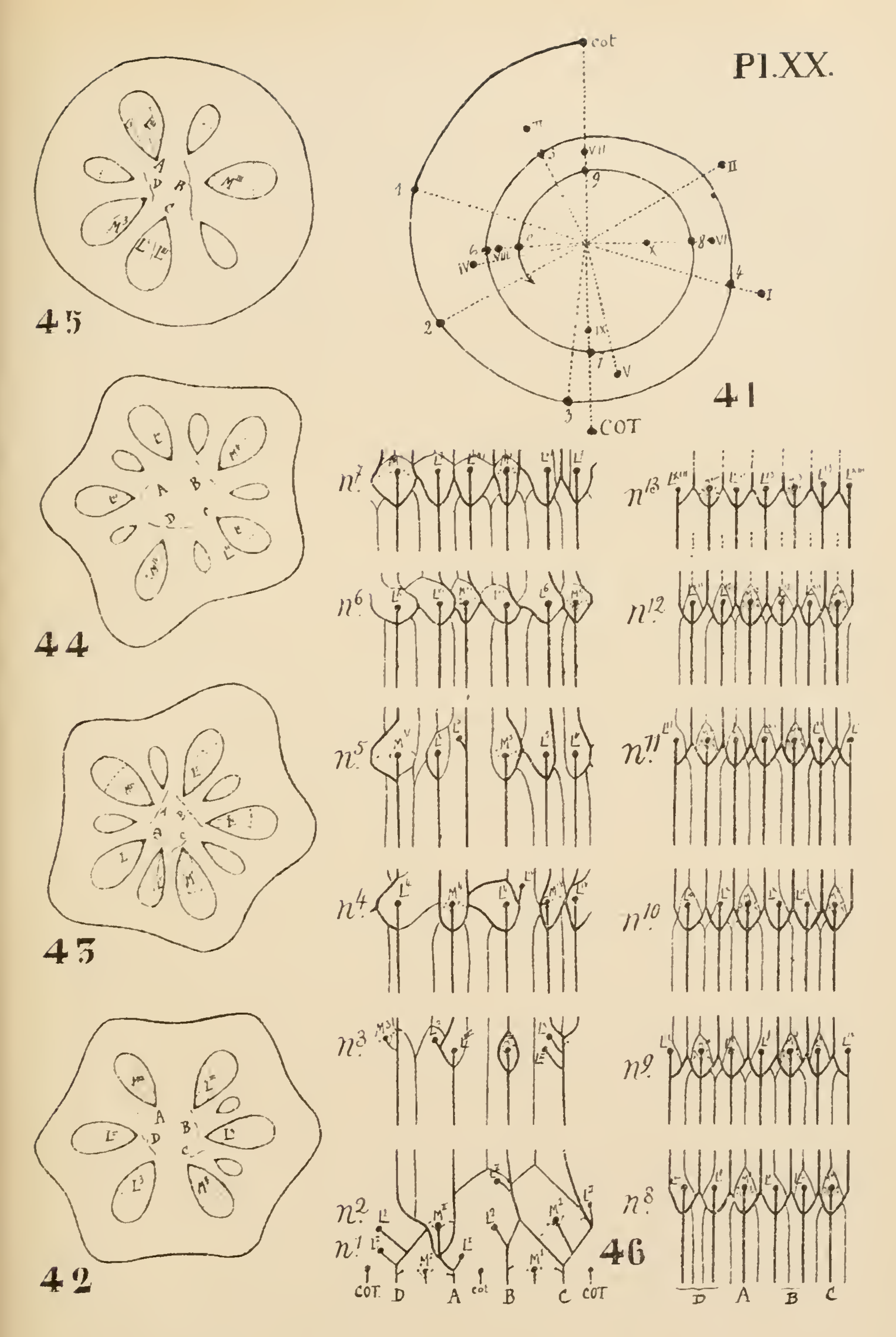
CLEMATIS VITALBA L.

Stade V (suite).

Fig. 41. — Spire phyllotaxique (p. 18).

Fig. 42 à 45. — Divers aspects de coupes pratiquées dans la première région de la tige principale, c'est-à-dire dans les six ou sept premiers segments (p. 19).

Fig. 46. — Parcours des faisceaux dans les treize segments de la tige principale étudiée au stade V (p. 19).



C. VITALBA. Stade V (suite).

R Sterckx ad nat. del.



PLANCHE XXI.

EXPLICATION DE LA PLANCHE XXI.

CLEMATIS VITALBA L.

Stade V (suite).

Fig. 47. — Aspect de la coupe pratiquée dans la deuxième région de la tige principale, c'est-à-dire au delà du septième ou du huitième segment (p. 20).

Fig. 48. — Portion grossie de la coupe précédente (p. 20).

Fig. 49. — Fibres de l'anneau de sclérenchyme de la figure précédente (p. 20).

Fig. 50. — Un faisceau de la deuxième région de la tige principale dans une plantule âgée de trois mois seulement (p. 20).

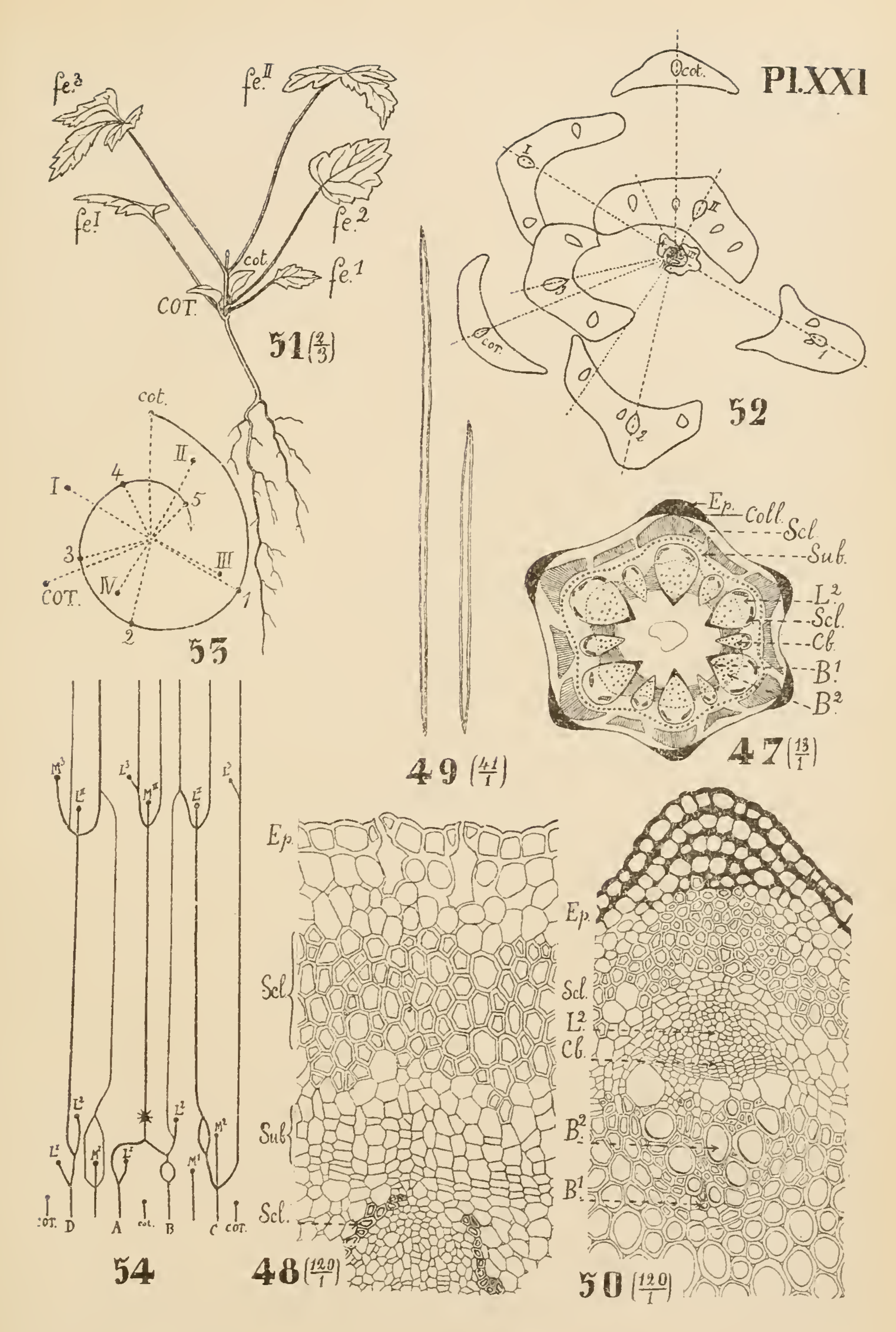
Plantule anomale (p. 21).

Fig. 51. — Aspect de la plantule.

Fig. 52. — Projection des appendices.

Fig. 53. — Spire phyllotaxique.

Fig. 54. — Parcours des faisceaux dans la tige principale.



C. VITALBA. Fig. 47 à 50: Stade V (suite).

Fig. 51 à 54: Plantule anomale.

R. Sterckx ad. nat. del.

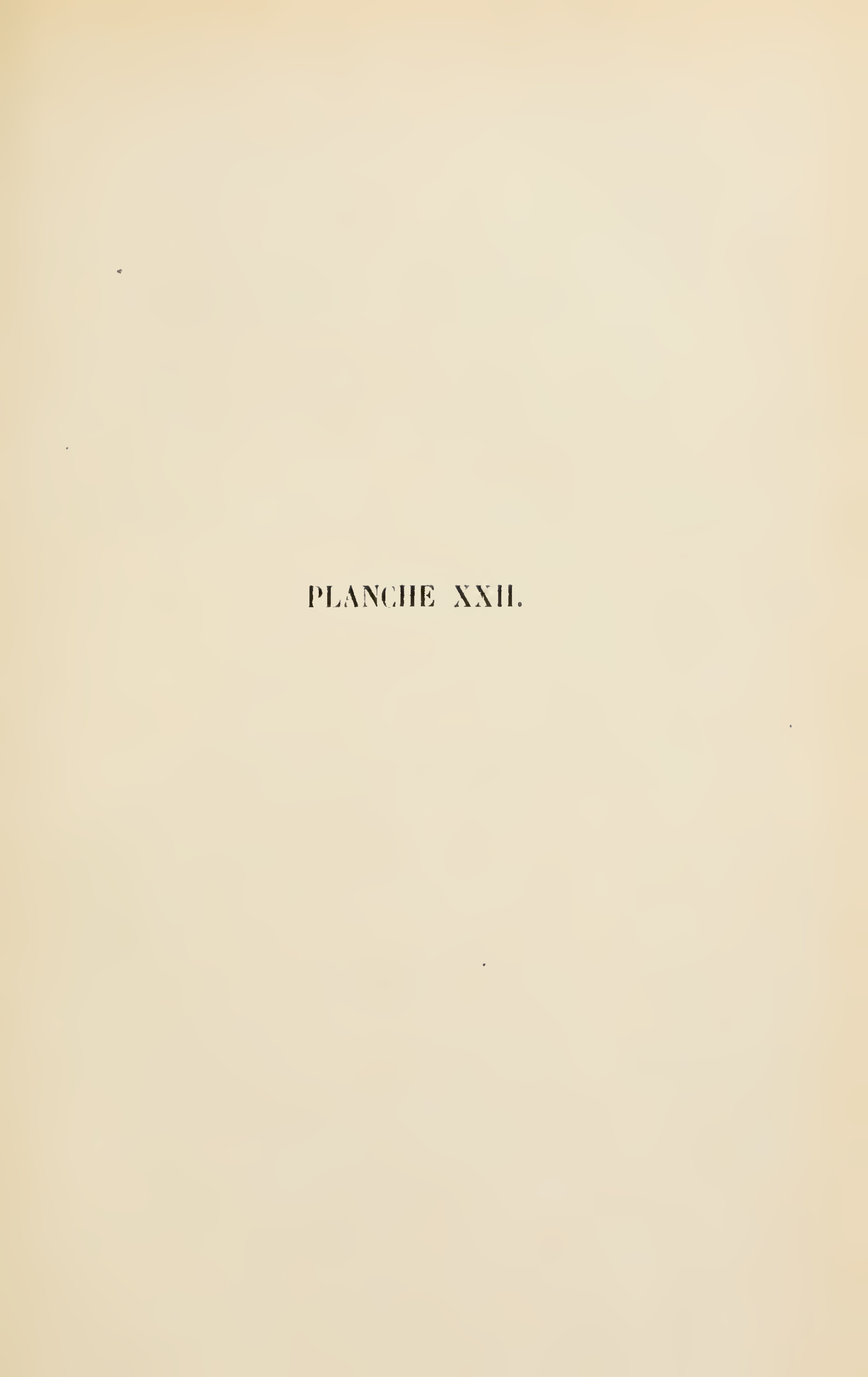


PLANCHE XXII.

EXPLICATION DE LA PLANCHE XXII.

CLEMATIS VITALBA L.

Plante adulte.

Fig. 55 à 60. — Développement des tissus dans le bourgeon terminal de la région à structure constante de la tige (p. 25).

Fig. 55. — Stade méristématique.

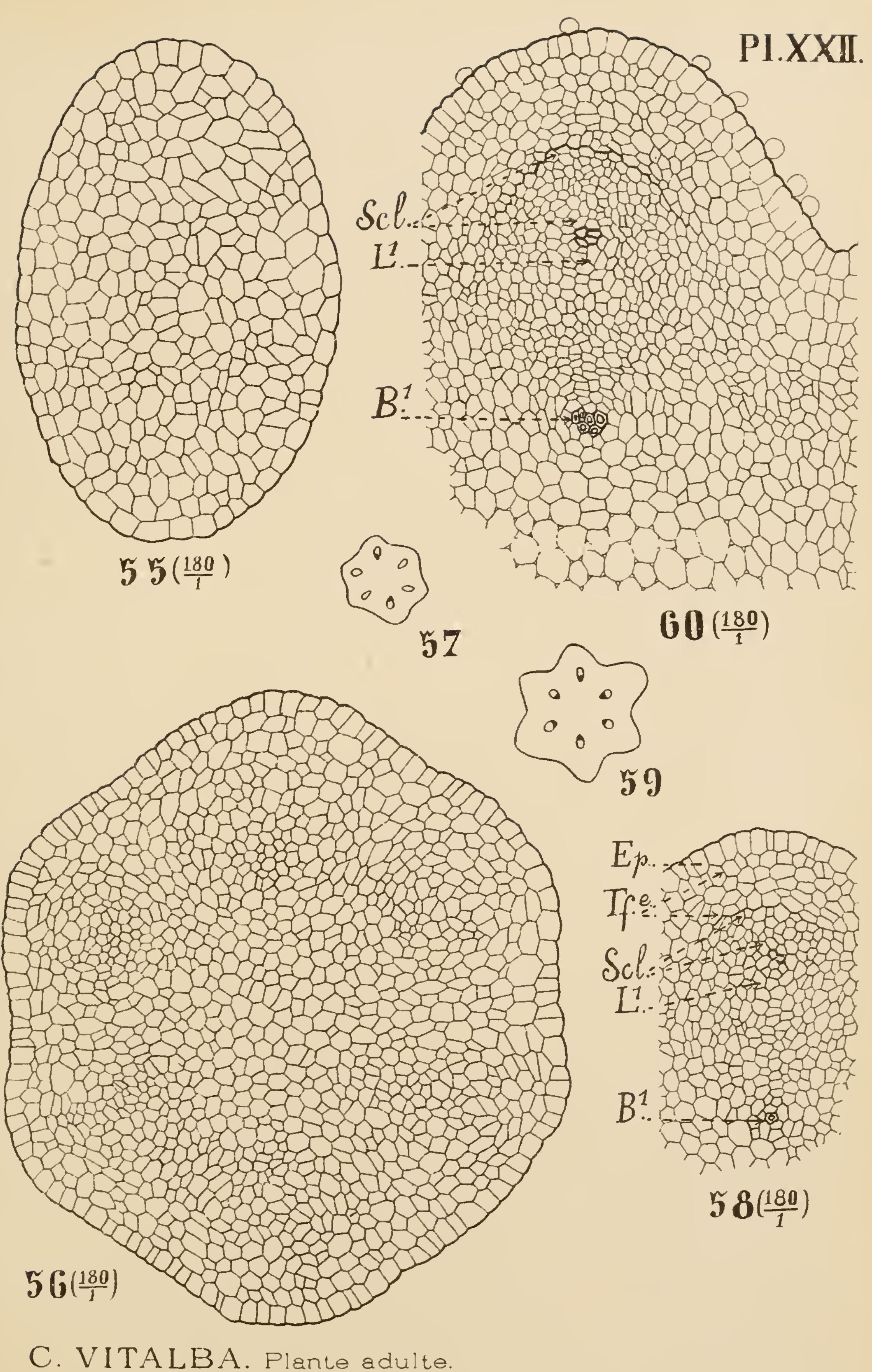
Fig. 56. — Stade procambial.

Fig. 57. — Différenciation des pôles ligneux et libériens.

Fig. 58. — L'un des faisceaux M de la coupe précédente.

Fig. 59. — Stade primaire.

Fig. 60. — L'un des faisceaux M de la coupe précédente.



C. VITALBA. Plante adulte.
Structure des tiges.

R. Sterckx ad. nat. del.



PLANCHE XXIII.

EXPLICATION DE LA PLANCHE XXIII.

CLEMATIS VITALBA L.

Plante adulte.

Fig. 61 à 63. — Suite du développement des tissus dans la région de la tige à structure constante.

Fig. 61. — Stade secondaire (p. 26).

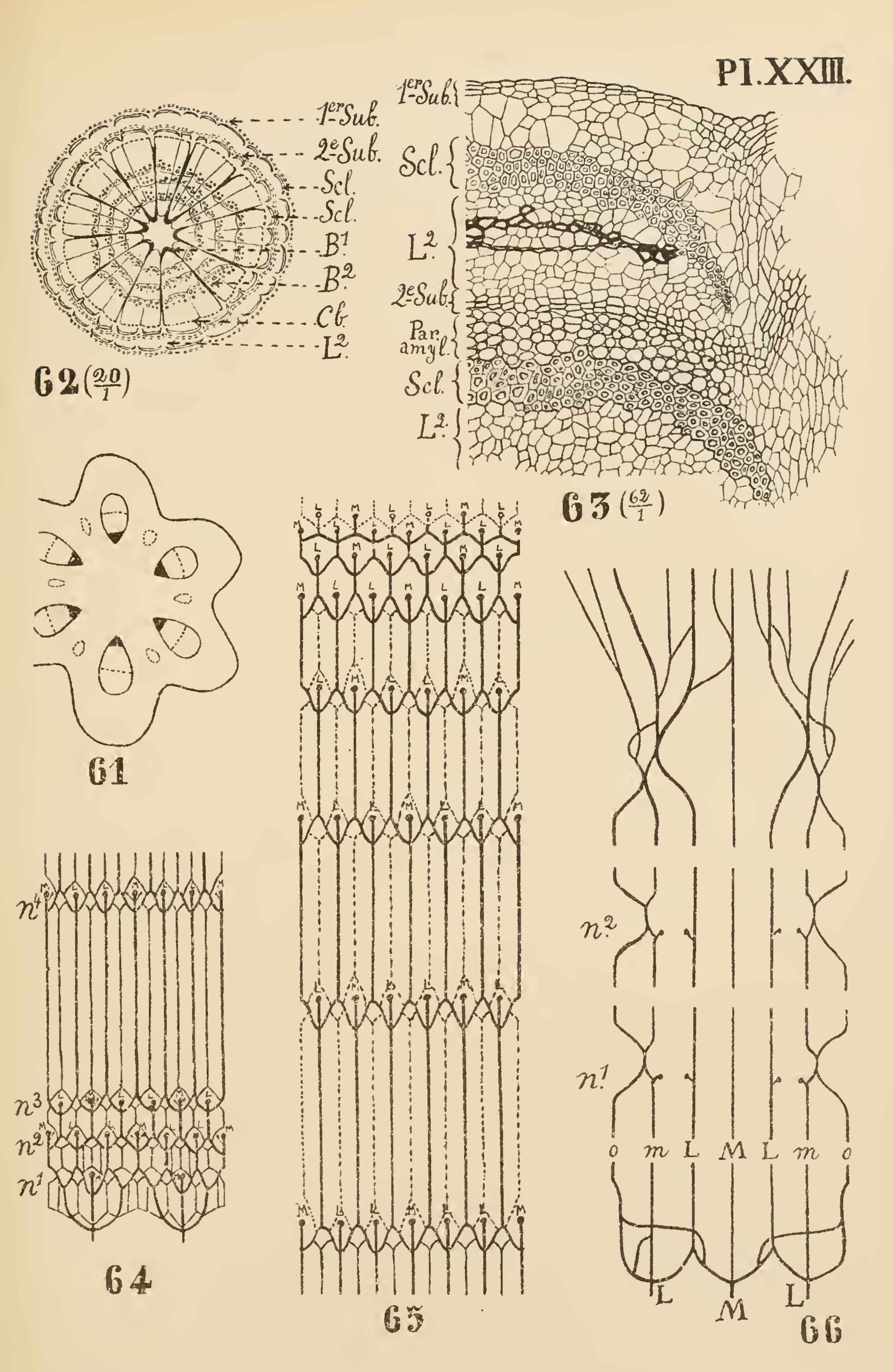
Fig. 62. — Tige âgée de quatre ans (p. 27).

Fig. 63. — Portion périphérique de la coupe précédente (p. 27).

Fig. 64. — Parcours des faisceaux dans la région de la tige à structure variable (segments inférieurs) (p. 25).

Fig. 65. — Parcours des faisceaux dans la région à structure constante (p. 27).

Fig. 66. — Parcours des faisceaux dans le pétiole et le rachis primaire d'une feuille (p. 31).



C. VITALBA. Plante adulte.
Structure des tiges.

R. Sterckx ad. nat. del.



PLANCHE XXIV.

EXPLICATION DE LA PLANCHE XXIV.

CLEMATIS VITALBA L.

Feuilles des plantules.

Fig. 67. — Feuille [1] de la tige principale au stade V (p. 22).

Fig. 68. — Feuille [3] de la même (p. 22).

Fig. 69. — Poils de l'épiderme interne (supérieur) de la *fe* [1].

Feuilles de la plante adulte.

Fig. 70. — Région inférieure d'une tige montrant les premières paires de feuilles rapprochées et peu développées; la spire phyllotaxique est senestre (pp. 23 et 30).

Fig. 71 et 72. — *Fe* [1] et *fe* [1] de la tige précédente (p. 30).

Fig. 73. — Région inférieure d'une tige analogue à celle de la figure 70, mais à spire phyllotaxique dextre (pp. 23 et 30).

Fig. 74 et 75. — *Fe* [1] et *fe* [1] de la tige précédente (p. 30).

Fig. 76. — Feuille de la région à structure constante de la tige adulte (p. 30).

Fig. 77. — Milieu de son pétiole (p. 31).

Fig. 78. — Premier nœud du rachis (p. 31).

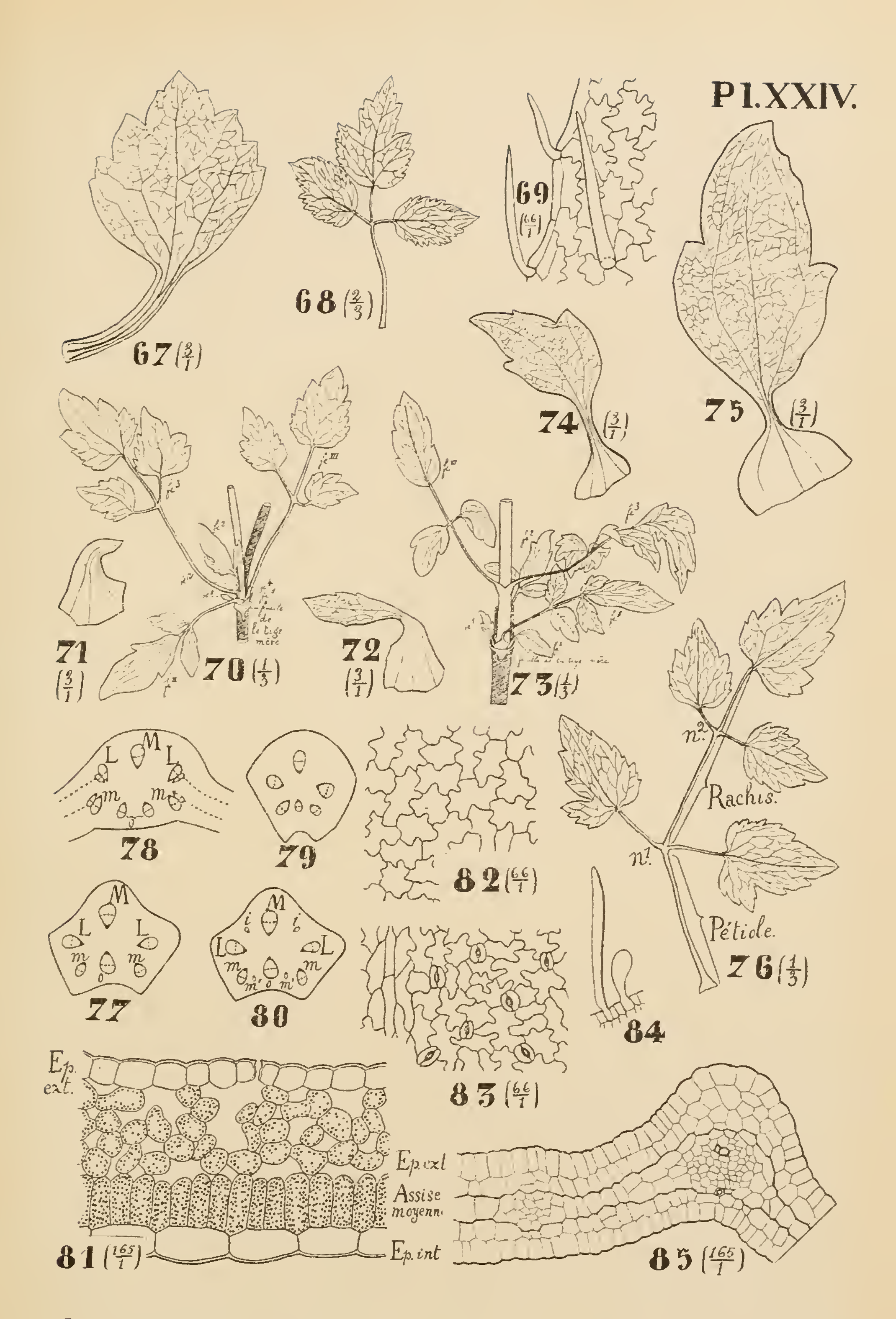
Fig. 79. — Milieu d'un pétiolule (p. 31).

Fig. 80. — Milieu du pétiole d'une feuille exceptionnellement vigoureuse (p. 31).

Fig. 81. — Coupe transversale du limbe de la feuille figure 76 (p. 32).

Fig. 82 à 84. — Épiderme interne (supérieur), épiderme externe (inférieur) et poils du même (p. 32).

Fig. 85. — Coupe transversale du limbe d'une feuille encore jeune : les nervures se forment au sein de l'assise moyenne du mésophylle primitivement formé de trois assises (p. 32) ; à comparer à la figure 81.



C. VITALBA. Feuilles

Fig. 67 à 69: des Plantules.

Fig. 70 à 85: de la plante adulte.

R. Sterckx ad. nat. del.



PLANCHE XXV.

EXPLICATION DE LA PLANCHE XXV.

CLEMATIS VITALBA L.

Racines de la plante adulte.

Fig. 86 à 89. — Développement des tissus au sommet d'une racine (p. 33).

Fig. 86. — Stade procambial.

Fig. 87. — Stade de la différenciation des trois pôles libériens et des trois pôles ligneux.

Fig. 88. — Apparition des zones cambiales dans un faisceau bipolaire.

Fig. 89. — Section longitudinale dans le sommet végétatif d'une racine (p. 33).

Fig. 90 à 92. — Racine d'un an (p. 34).

Fig. 90. — Ensemble de la coupe.

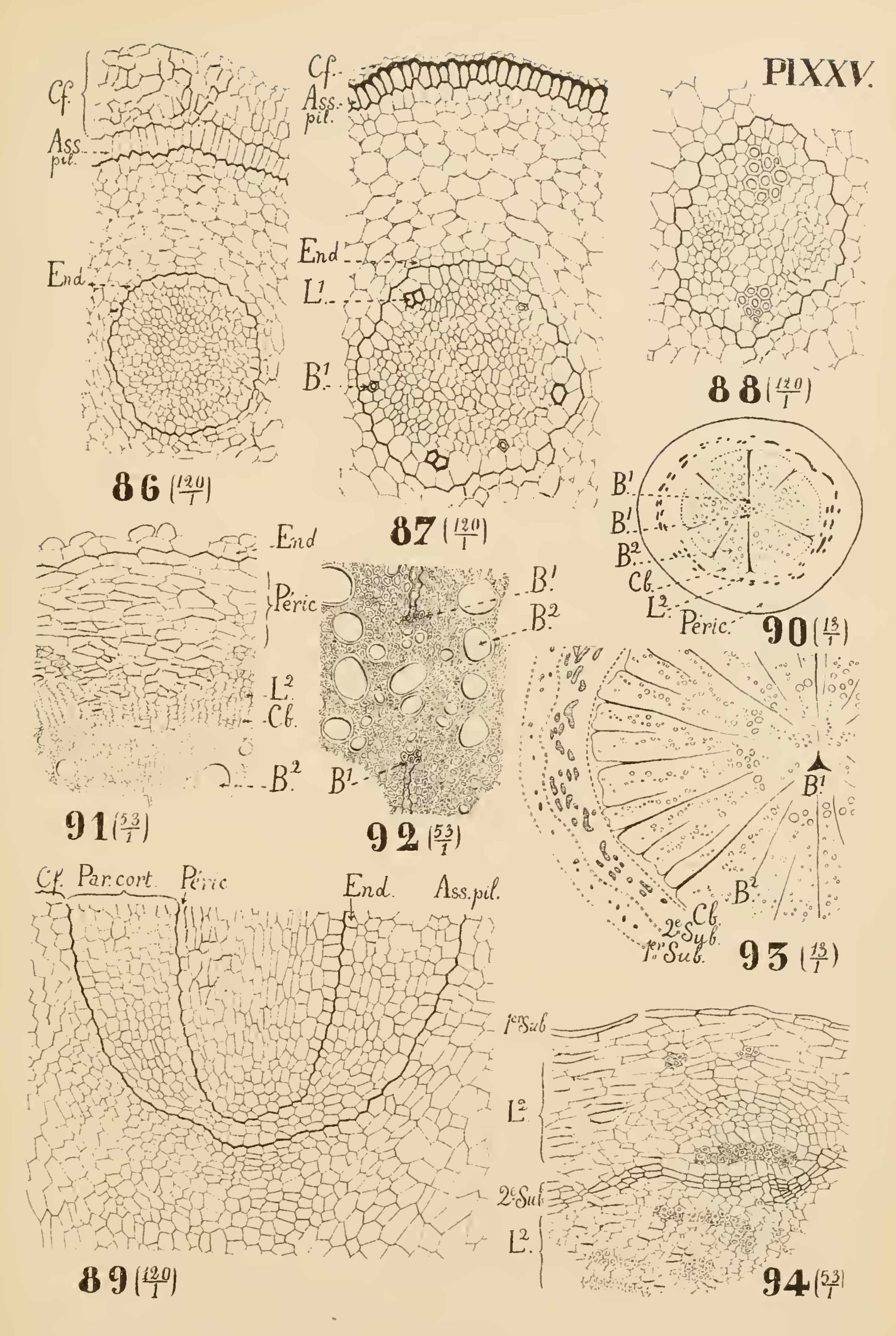
Fig. 91. — Portion périphérique.

Fig. 92. — Portion centrale.

Fig. 93 et 94. — Racine de deux ans (p. 34).

Fig. 93. — Ensemble de la coupe.

Fig. 94. — Portion périphérique.



C. VITALBA. Plante adulte.

Structure des racines.

R. Sterckx ad. nat. del.



PLANCHE XXVI.

EXPLICATION DE LA PLANCHE XXVI.

CLEMATIS INTEGRIFOLIA L.

Fig. 95. — Plantule (p. 40).

Fig. 96. — Milieu de l'axe hypocotylé de la plantule précédente (p. 40).

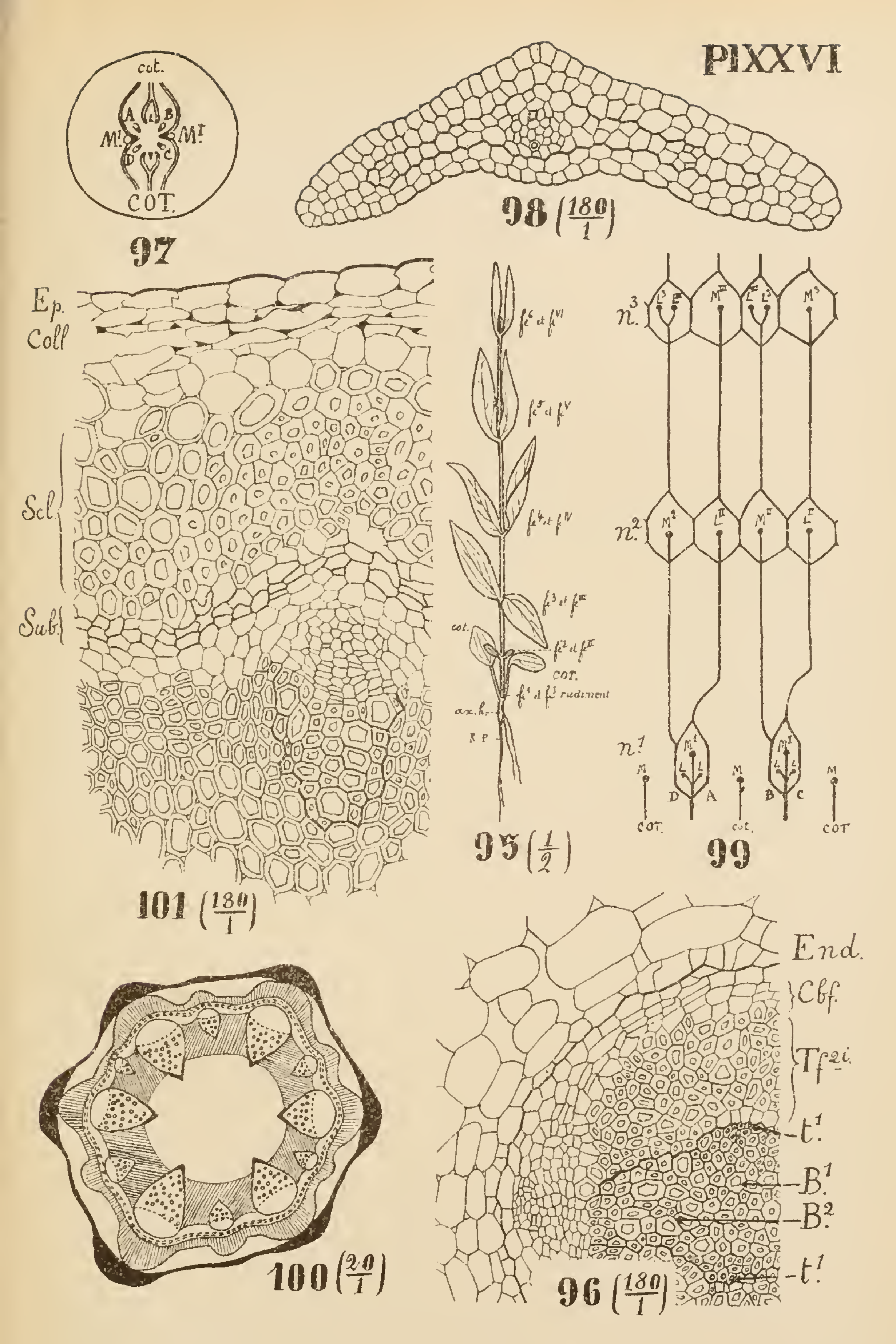
Fig. 97. — Nœud cotylédonaire de la même (p. 40).

Fig. 98. — Section transversale du limbe de la *fe* [2], jeune encore, provenant d'une plantule beaucoup moins âgée que celle de la figure 95 (p. 41).

Fig. 99. — Parcours des faisceaux dans l'axe hypocotylé et la tige principale (pp. 40 et 41).

Fig. 100. — Entre-nœud d'une tige de la plante adulte (p. 42).

Fig. 101. — Portion grossie davantage de la coupe précédente (p. 42).



CLEMATIS INTEGRIFOLIA.

R. Sterckx ad. nat. del.

PLANCHE XXVII.

EXPLICATION DE LA PLANCHE XXVII.

CLEMATIS VITICELLA L.

Fig. 102. — Plantule A (germination tardive) (p. 45).

Fig. 103. — Parcours des faisceaux dans la tige principale de cette plantule A (p. 44).

Fig. 104. — Schéma du nœud cotylédonaire de la même.

Fig. 105. — Parcours des faisceaux dans la tige principale de la plantule B (germination hâtive) (p. 44).

Fig. 106. — Schéma du nœud cotylédonaire de cette plantule B (p. 45).

Fig. 107. — Plante anomale à trois cotylédons et à feuilles verticillées par trois (p. 44).

Fig. 108. — Schéma du nœud cotylédonaire de la plantule anomale (p. 44).

Fig. 109. — Parcours des faisceaux dans la même (p. 44).

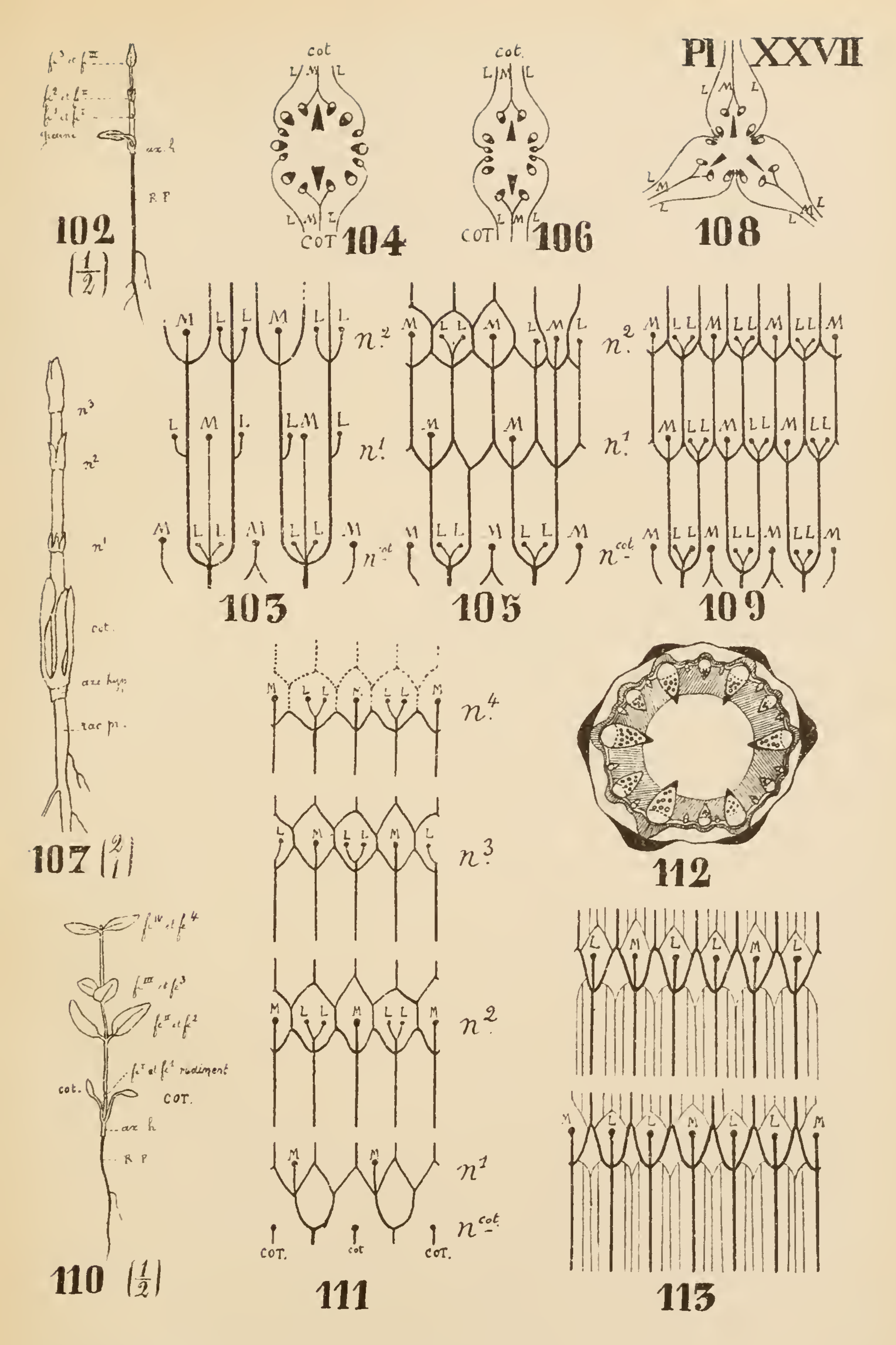
CLEMATIS FLAMMULA L.

Fig. 110. — Plantule (p. 46).

Fig. 111. — Parcours des faisceaux dans la tige principale (p. 46).

Fig. 112. — Entre-nœud de la tige d'une plante adulte (p. 47).

Fig. 113. — Parcours des faisceaux dans deux segments de la tige d'une plante adulte (p. 47).



CLEMATIS VITICELLA: Fig. 102 à 109.

CLEMATIS FLAMMULA: Fig. 110 à 113.

R. Sterckx ad. nat. del.

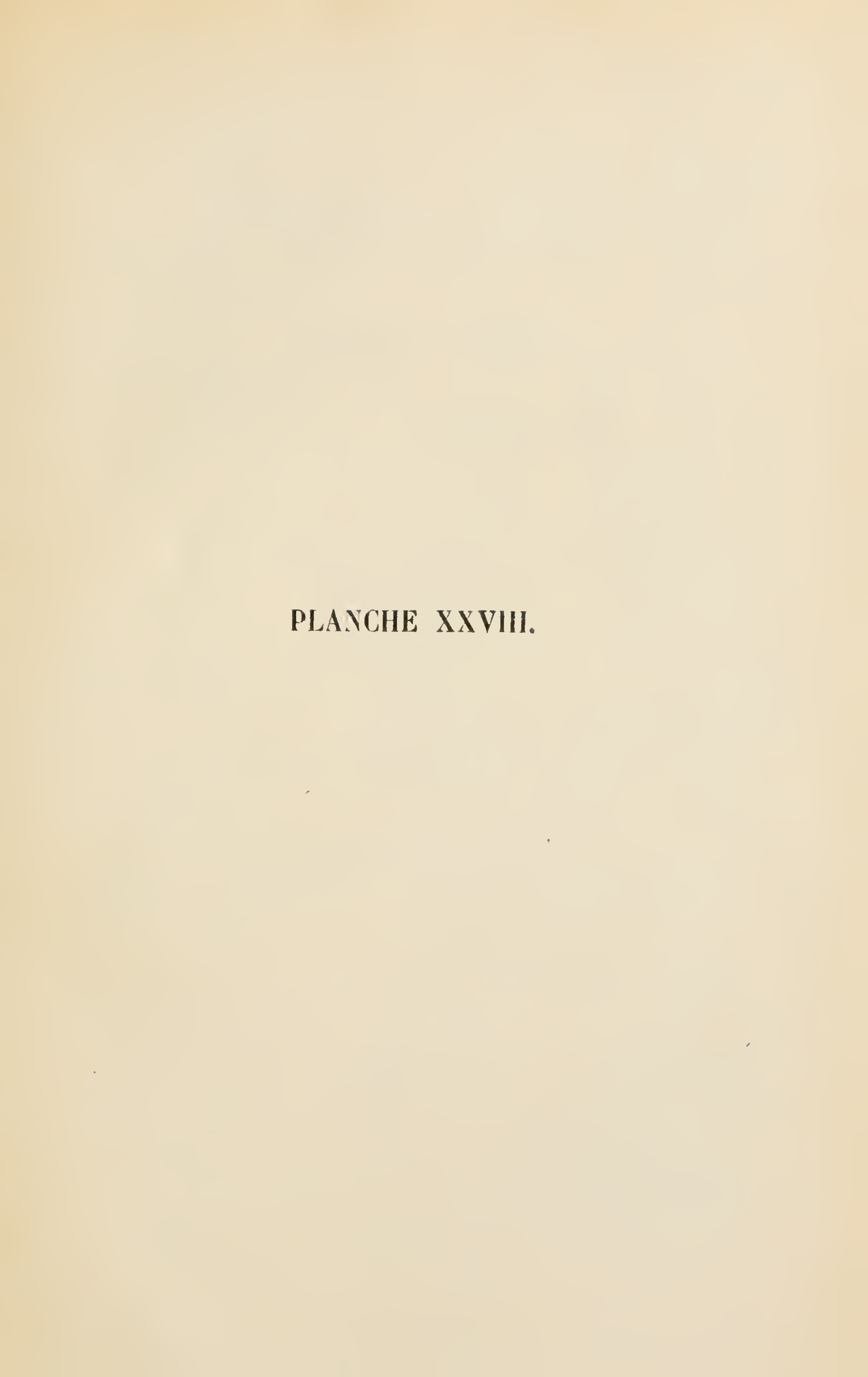


PLANCHE XXVIII.

EXPLICATION DE LA PLANCHE XXVIII.

CLEMATIS FLAMMULA L.

Fig. 114. — Coupe à la base du nœud cotylédonaire de la plantule figure 110 (p. 46).

CLEMATIS RECTA L.

Fig. 115. — Entre-nœud de la tige d'une plante adulte (p. 49).

ATRAGENE ALPINA L.

Plantules.

Fig. 116. — Plantule jeune (p. 50).

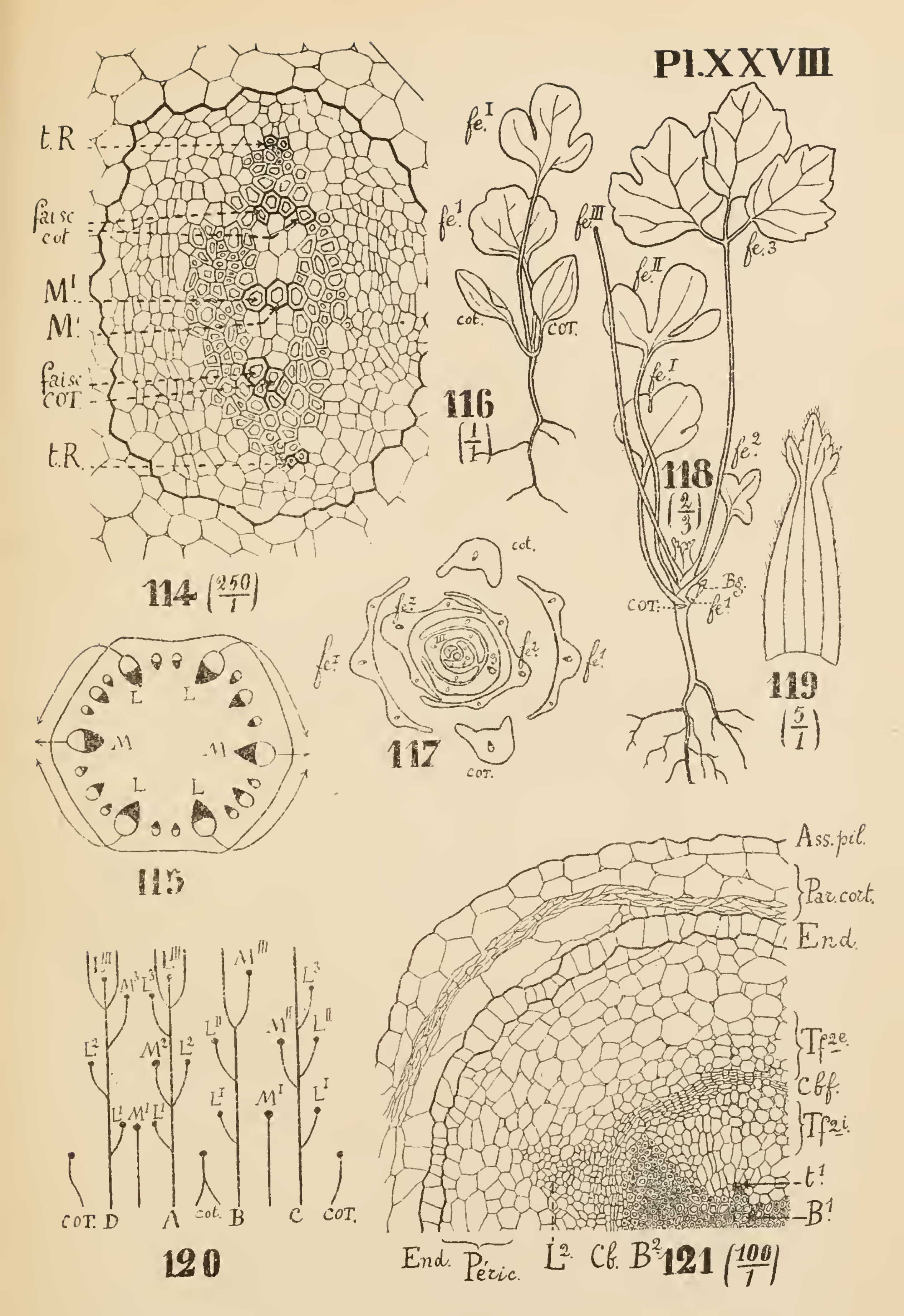
Fig. 117. — Projection des appendices de la plantule précédente (p. 51).

Fig. 118. — Plantule plus âgée (p. 50).

Fig. 119. — Une feuille pérulaire du bourgeon qui termine la tige principale à la fin de la première année (p. 50).

Fig. 120. — Parcours des faisceaux dans la tige principale de la plantule figure 118 (p. 50).

Fig. 121. — Racine principale (p. 51).



CLEMATIS FLAMMULA: Fig. 114.

CLEMATIS RECTA: Fig. 115.

ATRAGENE ALPINA: Fig. 116 à 121

R. Sterckx ad. nat. del.



PLANCHE XXIX.

EXPLICATION DE LA PLANCHE XXIX.

ATRAGENE ALPINA L.

Plante adulte.

Fig. 122. — Portion d'une plante adulte (p. 52).

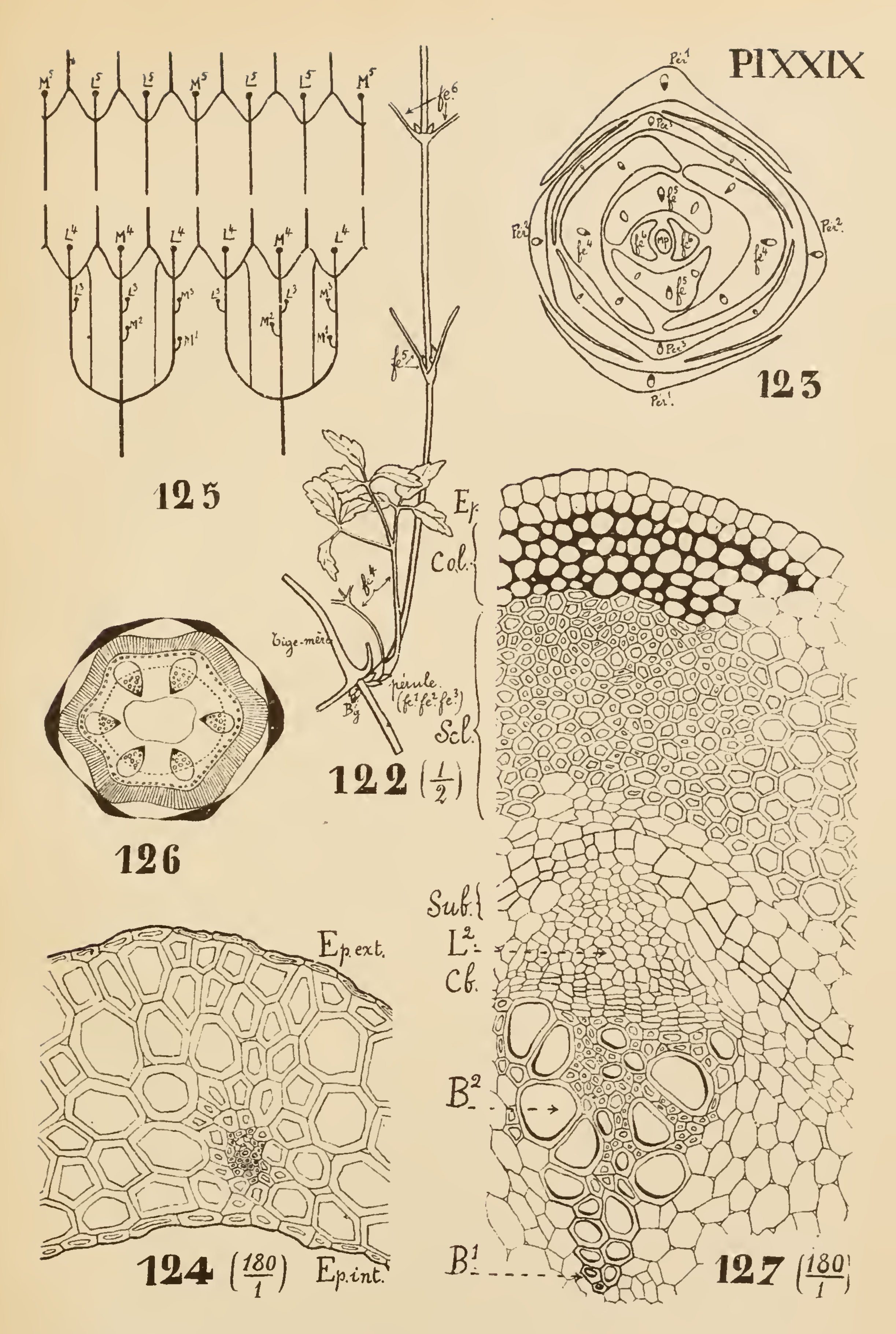
Fig. 123. — Section transversale d'un bourgeon non encore développé (p. 52).

Fig. 124. — Section transversale d'une feuille pérulaire (p. 52).

Fig. 125. — Parcours des faisceaux dans la portion inférieure d'une tige (p. 52).

Fig. 126. — Ensemble de l'entre-nœud 6 de la tige d'un an (p. 52).

Fig. 127. — Portion de la coupe précédente grossie davantage (p. 52).



ATRAGENE ALPINA (suite)

R Sterckx ad. nat. del.

TABLE DES MATIÈRES.

SECONDE PARTIE.

NOTES DE TECHNIQUE MICROGRAPHIQUE

par A. GRAVIS

I

L'agar-agar comme fixatif des coupes microtomiques.

(Extrait du *Bulletin de la Société belge de microscopie*, t. XV, 1889.)

Au cours de recherches d'anatomie végétale que je fis à la Station zoologique de Naples en 1883, je fus amené à expérimenter les diverses méthodes usitées pour fixer sur porte-objet les sections d'organes inclus dans la paraffine et coupés au microtome. Aucun des procédés connus alors n'ayant complètement satisfait aux exigences spéciales de mes études, j'essayai une foule de substances pouvant être employées comme fixatif. Après bien des tentatives infructueuses, j'eus la satisfaction de trouver dans l'agar-agar le plus précieux auxiliaire. Plusieurs de mes amis ayant depuis lors expérimenté et adopté mon procédé, je me décide aujourd'hui à le faire connaître à tous.

Préparation du fixatif. — L'agar-agar ou gélose est un produit retiré de certaines algues marines. On le trouve dans le commerce sous la forme de prismes ou de rubans de consistance cornée, servant à la fabrication des confitures artificielles. On

l'emploie également dans les laboratoires pour la culture des bactéries en remplacement de la gélatine.

Un demi-gramme d'agar-agar est découpé en petits morceaux qu'on jette dans 500 grammes d'eau distillée; après quelques heures, lorsque la substance s'est gonflée dans l'eau, on chauffe doucement le liquide jusqu'à l'ébullition. Celle-ci est maintenue durant un quart d'heure environ, de manière à obtenir une dissolution complète.

Après refroidissement, on filtre la liqueur à travers une toile fine et on la conserve dans de petits flacons bouchés à l'émeri. L'addition d'un morceau de camphre dans chaque flacon suffit pour empêcher le développement des moisissures et des bactéries. On conserve ainsi pour l'usage cette solution aqueuse d'agar-agar au millième.

Manière de s'en servir. — Les lames porte-objets doivent être d'une grande propreté, sinon le fixatif ne les mouille pas. Il convient donc de bouillir les lames de verre dans de l'eau additionnée de quelques gouttes d'acide chlorhydrique, de les rincer à l'eau distillée et de les essuyer avec un linge très propre. Sur l'une de ces lames tenues à l'abri des poussières, on étend avec un pinceau une couche de fixatif à l'endroit où les coupes seront déposées. Un excès de liquide n'est pas à craindre, parce qu'on peut aisément l'enlever plus tard.

Les coupes sont alors rangées sur la lame au moyen d'une pince fine. Cette opération se fait avec la plus grande facilité, surtout lorsque les coupes ont été obtenues en ruban continu, selon la méthode anglaise.

Sitôt les coupes déposées et par conséquent avant l'évaporation de l'eau, on chauffe doucement la préparation au-dessus d'une très petite flamme de bec de Bunsen. Il faut ramollir lentement la paraffine, *mais sans la fondre.* On voit alors les sections s'étaler, se dilater, et les moindres plis disparaître. Des coupes enroulées se déroulent même sans qu'il soit nécessaire d'y toucher. La lame se refroidit immédiatement; la paraffine se fige, et l'on peut, si cela est nécessaire, faire écouler l'excès de

fixatif en tenant la préparation verticalement pendant quelques instants.

Il faut alors laisser sécher complètement le fixatif, ce qui exige plusieurs heures. Le mieux, dans la pratique, est de préparer successivement un certain nombre de lames, de les déposer les unes après les autres sur une petite étagère qu'on recouvre d'une cloche ouverte vers le bas, et d'abandonner le tout jusqu'au lendemain.

Pour dissoudre la paraffine, on fait usage d'essence de térébenthine tiède ou de chloroforme. Le dissolvant de la paraffine est ensuite chassé par quelques gouttes d'alcool fort qu'on fait couler d'une pipette sur la lame légèrement inclinée.

Si l'objet a été coloré en entier avant l'inclusion, on dépose la lame dans un flacon cylindrique contenant de l'alcool absolu pour déshydrater les coupes ; on les éclaircit au moyen d'une goutte d'essence de girofle, et finalement on les couvre de baume de Canada et d'une lamelle.

Si, au contraire, les coupes doivent être colorées sur le porte-objet, la lame est placée dans un bain colorant, puis retirée, rincée à l'alcool et montée au baume de Canada. On peut aussi faire agir sur les coupes fixées tel réactif qu'on juge convenable : solution aqueuse de potasse, acide étendu, etc. Après quoi l'on procède à la déshydratation par l'alcool absolu, et au montage comme il vient d'être dit.

Avantages du procédé. — Le fixatif étant tout à fait liquide à la température ordinaire, les coupes se laissent ranger sur la lame avec la plus grande facilité ; on peut les faire glisser, les étaler convenablement. Les plis que forme parfois le rasoir du microtome disparaissent sans laisser de trace. Jamais il ne reste de bulle d'air sous les coupes.

Le fixatif aqueux a encore le grand avantage de dilater les coupes avant de les coller au verre : les cellules végétales, qui se déforment si facilement pendant l'inclusion à la paraffine, reprennent alors leurs formes et leurs dimensions primitives.

L'agar-agar bien séché sur le verre est insoluble dans tous les

réactifs : alcool, éther, chloroforme, glycérine, solutions salines, acides ou alcalines. La lame portant les coupes fixées se laisse manipuler comme une plaque photographique. Seule l'eau distillée gonfle le fixatif et compromet la fixation.

L'agar-agar ne se colore pas dans les bains colorants, si ce n'est parfois dans les intervalles qui séparaient les tranches de paraffine lorsque le fixatif a été employé en trop grande abondance. Ces petites taches, d'ailleurs, ne nuisent nullement, parce qu'elles restent ordinairement en dehors du champ du microscope et ne se montrent jamais sous les coupes.

Le montage définitif peut se faire soit dans le baume de Canada, soit simplement dans la glycérine.

Ce procédé permet de préparer aisément, sur la même lame, une centaine de petites coupes successives, et de les traiter toutes de la même manière, sans perte de temps.

II

Fixation au porte-objet des coupes faites dans la celloïdine.

(Extrait du *Bulletin de la Société belge de microscopie*, t. XXIII, 1897.)

Dans une note publiée en 1889, j'ai fait connaître l'emploi de l'agar-agar pour la fixation des coupes microtomiques d'objets inclus à la paraffine. Il s'agissait d'une solution aqueuse au millième, qui, après évaporation, constitue un fixatif inaltérable et invisible (1).

Beaucoup d'histologistes aujourd'hui donnent la préférence aux inclusions à la celloïdine. En anatomie végétale, la celloïdine m'a souvent fourni des résultats supérieurs à ceux obtenus avec la paraffine. A ma connaissance, il n'existe encore aucun procédé permettant de fixer au porte-objet des séries de coupes successives pratiquées dans la celloïdine. Ces coupes, en effet, restant toujours imbibées d'alcool faible, ne peuvent être collées au verre au moyen de fixatifs anhydres tels que la gomme laque, le collodion, le caoutchouc et la gutta-percha. L'agar-agar au millième n'est pas utilisable non plus, parce que les coupes à la celloïdine ne peuvent être soumises à la dessiccation comme les coupes à la paraffine. J'ai donc été amené à modifier le procédé préconisé en 1889.

(1) Voyez *L'agar-agar comme fixatif des coupes microtomiques*. (Bulletin de la Société belge de microscopie, t. XV, p. 72.)

Préparation du nouveau fixatif. — Dans un vase de Bohême contenant 400 grammes d'eau distillée, on laisse gonfler 3 grammes d'agar-agar découpé en très petits morceaux. Le lendemain, on chauffe au bain de sable le vase tenu fermé au moyen d'une lame de verre; on laisse bouillir pendant dix minutes, puis on filtre à chaud sur une mousseline fine. La liqueur est versée dans de petits flacons à large orifice et fermant à l'émeri (de petits « poudriers » de la contenance de 30 grammes conviennent parfaitement). On ajoute un petit morceau de camphre pour assurer la conservation. Cette solution d'agar à 0,75 pour cent se prend en gelée par le refroidissement. La gelée paraît un peu trouble lorsqu'elle est en grande masse, mais elle est parfaitement transparente en couche mince.

Manière de s'en servir. — Au moment de pratiquer les coupes, on fait fondre l'agar et l'on maintient cette substance fluide en laissant le flacon dans un bain-marie légèrement chauffé. Les coupes sont faites au microtome dans la celloïdine, en mouillant le rasoir d'alcool 70, et on les garde humides sur le rasoir. Pour les fixer à la lame de verre, on étale sur celle-ci, avec un pinceau, une couche assez épaisse d'agar fondu ; on dispose les coupes en série, puis on les couvre encore d'agar. La lame porte-objet est alors abandonnée sur la table : l'agar se fige par le refroidissement et les coupes sont emprisonnées.

Il est bon de laisser l'agar se durcir par l'évaporation d'une partie de l'eau qu'il contient, ce qui se produit en un quart d'heure ou en une demi-heure, selon la température ambiante. Il faut cependant éviter la dessiccation complète, qui mettrait les coupes à nu.

Entretemps, d'autres lames ont été préparées de la même manière. Lorsqu'elles sont à point, on les immerge dans des flacons cylindriques contenant de l'alcool 94, où elles séjournent jusqu'au lendemain. Cette déshydratation par l'alcool achève de donner à l'agar une consistance ferme.

Le lendemain, les lames sont reprises, traitées par les réactifs éclaircissants et colorants, puis finalement montées.

Avantages du procédé. — L'agar permet tous les traitements, notamment l'action prolongée de l'eau de Javelle, de la potasse, des acides, etc. Seul le lavage à l'eau distillée exige des ménagements, parce que l'eau gonfle et ramollit rapidement le fixatif.

En anatomie végétale, la coloration des coupes n'est pas toujours nécessaire : il suffit alors de traiter par l'eau de javelle, puis d'imbiber les coupes de glycérine et de monter à la glycérine ou à la gélatine glycérinée.

Si l'on désire colorer et conserver indéfiniment les préparations, il faut, au sortir de l'eau de javelle, neutraliser ce réactif par une solution aqueuse à 5 % de sulfite de soude, puis éliminer le sulfite par l'eau alcoolisée ou glycérinée, colorer dans un bain aqueux ou alcoolique, déshydrater par l'alcool fort et finalement monter au baume de Canada.

Toutes ces opérations doivent se faire dans des flacons cylindriques qui permettent l'immersion de deux lames porte-objet dans une position verticale; elles nécessitent souvent plusieurs heures, parce que la couche d'agar, étant spongieuse, retient longtemps les liquides dont elle a été précédemment imprégnée. C'est le plus grave inconvénient de l'agar à consistance gélatineuse.

Je crois néanmoins que ce procédé est susceptible de rendre de grands services en attendant qu'un chercheur heureux puisse découvrir, pour les coupes à la celloïdine, un fixatif aussi parfait que ceux qu'on possède pour les coupes à la paraffine.

Outre sa résistance vraiment extraordinaire à tous les réactifs (résistance que ne présente pas la gomme laque ni le collodion, etc.), l'agar à 0,75 pour cent a encore l'avantage de permettre la fixation au verre des coupes pratiquées dans des organes végétaux vivants. Les coupes faites à la main dans ces organes frais peuvent, en effet, être déposées sur une lame couverte d'agar fondu qui les emprisonne en se refroidissant. L'immersion dans l'alcool chasse l'air des méats, et les manipulations ultérieures peuvent être conduites selon les exigences de chaque cas particulier.

Il est permis d'espérer que cette grande simplification de la technique des coupes successives rendra plus fréquent, parmi les botanistes, l'usage d'une méthode d'investigation si précieuse.